

**ECOMONDO**  
THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

MARTEDI VENERDI  
**08 - 11** | NOVEMBRE 2016  
RIMINI ITALY

In contemporanea con  
**KEY ENERGY**

20 YEARS

www.ecomondo.com

# GREEN AND CIRCULAR ECONOMY: RICERCA, INNOVAZIONE E NUOVE OPPORTUNITÀ

- **Rifiuti:** strategie per la raccolta, la valorizzazione, sistemi di gestione integrata e compostaggio
- **Gestione sostenibile della risorsa idrica**
- **Qualità dell'aria,** monitoraggio, gestione e controllo delle emissioni odorigene
- **Gestione e bonifica sostenibile nel quadro della *Circular Economy***
- **L'impronta ambientale:** calcolo e riduzione nelle organizzazioni nazionali
- **La simbiosi industriale:** iniziative nazionali e internazionali

Il Ghepardo  
Mascotte dei 20 anni di Ecomondo - 2016



Luciano Morselli  
Il Ghepardo (*Acinonyx jubatus*)  
acrilico su carta latte - 16x26 cm - 2016

[www.ecomondo.com](http://www.ecomondo.com)

---

Atti dei convegni aperti a *call for papers* a cura di Fabio Fava

---

# Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo 2016

## Presidente

**Fabio Fava** - Università di Bologna

## Past president

**Luciano Morselli** - Università di Bologna

## International Advisory Board

**Philippe Corvini** - University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, Switzerland & Environmental Biotechnology section of the European Federation of Biotechnology (EFB)

**Christian Pattermann** - Advisor to the State Government of North-Rhine Westphalia (NRW), Germany & Former Director EU Commission, DG RTD, Brussels

**Nicholas Kalogerakis** - Department of Environmental Engineering, Technical University of Crete, Crete, Greece

**Carlos Silva Filho, Marco Ricci** - Iswa International

## Executive Board

**Catia Bastioli, Giulia Gregori** - Novamont & Cluster Chimica Verde

**Daniilo Bonato** - Consorzio Remedia

**Stefano Ciafani** - Legambiente

**Roberto Coizet** - Edizioni Ambiente

**Gianluigi De Gennaro** - Università di Bari & Società Chimica Italiana (SCI)

**Francesco Fatone** - Università di Verona & International Water Association (IWA)

**Rosanna Laraia** - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

**Mauro Majone** - Università "La Sapienza"

**Giuseppe Mininni** - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

**Roberto Morabito** - Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)

**Loredana Musmeci** - Istituto Superiore di Sanità

**Fabrizio Passarini** - Università di Bologna & Società Chimica Italiana (SCI)

**Gian Marco Revel** - Università Politecnica delle Marche

**Edo Ronchi** - Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile

## Advisory & Stakeholders Board

**Vito Belladonna** - Agenzia territoriale dell'Emilia Romagna per i servizi idrici e rifiuti

**Filippo Bernocchi, Antonella Galdi** - Associazione Nazionale Comuni Italiani (ANCI)

**Morena Diazi, Cristina Govoni** - Regione Emilia Romagna

**Filippo Brandolini, Valentina Cipriano, Gian Luca Spittella** - Utilitalia

**Francesco Bosco** - Associazione Idrotecnica Italiana

**Enrico Cancila** - Emilia Romagna Valorizzazione Economica del Territorio (ERVET)

**Gianluca Careno** - PTP - Parco Tecnologico Padano

**Carlo Casadei** - Provincia di Rimini

**Franco Cecchi** - Università di Verona & Consorzio INCA

**Massimo Centemero** - Consorzio Italiano Compostatori (CIC)

**Carlo Collivignarelli, Mentore Vaccari** - Università di Brescia

**Benedetta Dell'Anno** - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

**Walter Facciotto, Saturno Illomei** - Consorzio Nazionale Imballaggi (CONAI)

**Paola Ficco** - "Rifiuti - Bollettino di informazione normativa"

**Marco Frey** - Scuola Superiore di Studi Universitari e Perfezionamento Sant'Anna

**Roberta Frisoni, Anna Montini** - Comune di Rimini

**Piero Gattoni** - CIB - Consorzio Italiano Biogas

**Donatella Giacometti** - Unione Petrolifera Italiana

**Laura Giuliano** - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) & Mediterranean Science Commission (CIESM)

**Andrea Gnassi** - Sindaco di Rimini

**Carlo Maria Medaglia** - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

**Paola Muraro, Carlo Noto La Diega** - Associazione Tecnici Italiani Ambientali (ATIA) e International Solid Waste Association (ISWA)

**Maria Letizia Nepi** - Unione Nazionale Imprese Recupero (FISE UNIRE)

**Eugenio Onori** - Albo Nazionale Gestori Ambientali

**Marco Ottolenghi** - Osservatorio Green Economy Emilia Romagna

**Alessandra Pellegrini, Sergio Treichler** - Federchimica

**Elisabetta Perrotta** - FISE Assoambiente

**Donato Rotundo** - Confagricoltura

**Gaetano Settimo** - Istituto Superiore di Sanità

**Giovanni Squitieri** - Invitalia Attività Produttive SpA

**Cinzia Tonci** - Ministero dello Sviluppo Economico

**Giuseppe Bortone, Barbara Villani** - Arpae Emilia – Romagna

### Segreteria Di Coordinamento

**Elisa Tamburini** - Rimini Fiera Spa

**Grazia Totaro** - Università di Bologna



**Fabio Fava** (1963), laurea in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche, Dottorato Europeo in Biotecnologie ambientali e Laurea Honoris Causa in Ingegneria ambientale, è Professore ordinario di "Biotecnologie industriali ed ambientali" presso la Scuola di Ingegneria dell'Alma Mater Studiorum-Università di Bologna. Si interessa dello sviluppo ed ottimizzazione di processi biotecnologici per la decontaminazione di matrici ambientali inquinate e per la produzione di composti chimici, materiali e combustibili biobased da sottoprodotti e scarti dell'agroindustria. Ha partecipato a diversi progetti di ricerca europei (FP7) e nazionali e la sua produzione scientifica è documentata da oltre 300 lavori di cui oltre 130 su riviste internazionali di medio-alto IF. È il Vice-Chairman della sezione di Environmental Biotechnology della European Federation

of Biotechnology e Delegato del Ministero dell'Educazione, Università e Ricerca nel Working Party on Biotechnology, Nanotechnology and Converging Technologies presso l'OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) e nell'ambito delle iniziative per la crescita blu del Mediterraneo EUSAIR e WESTERN MEDITERRANEAN. È inoltre membro del High Level Group on Key Enabling Technologies e del Expert Group on Biobased products entrambi della DG GROW (precedentemente DG Enterprise and Industry) della Commissione Europea ed è stato membro del Expert Group on Eco-industries del JRC Directorate della stessa Commissione. Infine è il Rappresentante italiano nel comitato di Horizon2020 Societal Challenge 2: European Bioeconomy Challenges: Food Security, Sustainable Agriculture and Forestry, Marine, Maritime and inland water research" presso la Commissione Europea (DG RTD), nell'ambito dello "State Representative Group" della "Public Private Partnership (JTI) Biobased Industry" e dell'iniziativa BLUEMED. È infine il Presidente del Comitato scientifico/tecnico di Ecomondo dal 2013.

**ARRIVEDERCI A**  
**ECOMONDO**  
THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

MARTEDÌ | VENERDÌ | **NOVEMBRE 2017**  
**07-10** | **RIMINI ITALY**

21ª FIERA INTERNAZIONALE DEL RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA E DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE

In contemporanea con  
**KEY ENERGY**

# ECOMONDO

THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

MARTEDI  
08 - 11

VENERDI

NOVEMBRE 2016  
RIMINI ITALY



In contemporanea con

## KEY ENERGY

[www.ecomondo.com](http://www.ecomondo.com)

# GREEN AND CIRCULAR ECONOMY: RICERCA, INNOVAZIONE E NUOVE OPPORTUNITÀ

- **Rifiuti: strategie per la raccolta, la valorizzazione, sistemi di gestione integrata e compostaggio**
- **Gestione sostenibile della risorsa idrica**
- **Qualità dell'aria, monitoraggio, gestione e controllo delle emissioni odorigene**
- **Gestione e bonifica sostenibile nel quadro della *Circular Economy***
- **L'impronta ambientale: calcolo e riduzione nelle organizzazioni nazionali**
- **La simbiosi industriale: iniziative nazionali e internazionali**

## Il Ghepardo

Mascotte dei 20 anni di Ecomondo - 2016



Luciano Morselli

Il Ghepardo (*Acinonyx jubatus*)  
acrilico su carta latte - 16x26 cm - 2016

[www.ecomondo.com](http://www.ecomondo.com)

---

Atti dei convegni aperti a *call for papers* a cura di Fabio Fava

---

**© Copyright 2016 by Maggioli S.p.A.**  
**Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.**  
**Azienda con sistema qualità certificato ISO 9001: 2008**

*47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8*  
*Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595*  
[www.maggioli.it/servizioclienti](http://www.maggioli.it/servizioclienti)  
e-mail: [clienti.editore@maggioli.it](mailto:clienti.editore@maggioli.it)

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione  
e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Codice: 978.88.916.2029.3

# Indice

- pag. 7 Introduzione
- pag. 11 WASTE MANAGEMENT AND EXPLOITATION  
**LA GESTIONE DEI RIFIUTI NELL'ECONOMIA CIRCOLARE: LE RICERCHE APPLICATE DI RICICLO, RECUPERO, E GESTIONE INTEGRATA**
- pag. 13 Stampa 3D a partire da miscele di plastiche da rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche *di Loredana Di Lucchio, Chiara Petruzzi, Lorenzo Cafiero, Riccardo Tuffi, Alessio Ubertini, Flavio Caretto*
- pag. 20 Citizen Satisfaction Survey sulla gestione integrata dei rifiuti *di Luca Salvatore Grassia, Paolo Piana, Enrica Gullo, Antonino Micali, Maria Teresa Clasadonte*
- pag. 25 La marcatura CE degli aggregati C&D verso l'obiettivo europeo del 70% di riciclaggio entro il 2020 *di Alessandro Corradini, Gianluca Cerni, Luca Chiatti, Moreno Marionni, Walter Rossi*
- pag. 32 L'importanza di nutrienti e metalli in tracce nel digestato di impianti di biogas di tipo agricolo *di Mirco Garuti, Claudio Fabbri, Sergio Piccinini*
- pag. 37 I modelli avanzati di gestione rifiuti e tariffa puntuale per controllare il fenomeno dell'abbandono rifiuti e del littering *di Giorgio Ghiringhelli*
- pag. 43 Il sistema di gestione dei RAEE in Italia alla luce del D.Lgs. 49/2014 *di Sebastiano Mangiagli, Alessia Carbè*
- pag. 49 La raccolta differenziata in Italia: analisi comparativa dei risultati conseguiti al Nord, al Centro e al Sud *di Sebastiano Mangiagli, Luca Mangiagli*
- pag. 55 The sustainable business perspectives: circular economy and textile recycling market opportunities *di Irene Pasqualotto*
- pag. 63 Progetto "Raccogli centro" – Un modello applicato di gestione dei rifiuti innovativo, flessibile e tracciabile per il Centro Storico del Comune di Perugia *di Massimo Pera, Marco Bagnini*
- pag. 70 Riciclo e valorizzazione di Polivinilbutirrale da parabrezza di veicoli *di Paolo Pozzi, Rosa Taurino*
- pag. 77 Valorizzazione energetica di sottoprodotti della filiera agroindustriale in digestione anaerobica: prove di laboratorio con reattori sperimentali *di Soldano Mariangela, Labartino Nicola, Fabbri Claudio, Piccinini Sergio*
- pag. 82 Valorizzazione dei residui industriali – Impianto Valchiria *di Renato Baciocchi, Giulia Costa, Paola Librandi, Milena Morone, Stefano Stendardo, Stefano Cassani, Leandro Pagliari, Mirko Nobili*

- pag. 89 Le potenzialità del settore preparazione per il riutilizzo in Italia *di Andrea Valentini, Pietro Luppi, Antonio Conti, Nicolas Denis, Aldo Barbini*
- pag. 96 Gestione sostenibile dei rifiuti per la riqualificazione di una discarica abusiva ubicata in Provincia di Milano *di Daniele Vezzoli, Matteo Ferrari, Raffaele Pellegatta*
- pag. 102 Tecniche di recupero del siero per la valorizzazione degli scarti nel settore lattiero-caseario *di Alessia Passalacqua, Domenico Licciardello, Giulia Salerno, Martina Sgandurra, Antonio Zerbo*
- pag. 107 **BIEWASTE**  
**COMPOSTAGGIO A PICCOLA SCALA**
- pag. 109 Compost city *di Rosario Pavia*
- pag. 113 **BIEWASTE**  
**GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI, REFLUI E FANGHI DI ORIGINE URBANA: VERSO LA BIORAFFINERIA URBANA**
- pag. 115 Smart approach for bio-waste final disposal *di Franco Cecchi, Cristina Cavinato*
- pag. 121 **BIEWASTE**  
**SESSIONE TECNICA**
- pag. 123 Impianto innovativo di produzione del tirosolo da scarti della lavorazione delle olive *di Ezio Di Bernardo, Dario Pozzetto, Simone Rocco*
- pag. 128 Indagine sugli scarti di trattamento della FORSU per applicazioni energetiche. Aspetti gestionali e tecnico – operativi *di Pietro Garzone, Walter Giudice*
- pag. 134 Upgrading e recupero energetico diretto del biogas: due alternative a confronto *di Raffaella Martini, Alessandro Bertello, Alberto Cucatto, Silvia Cuffini*
- pag. 141 **GLOBAL WATER EXPO**  
**APPLICAZIONE DI TECNOLOGIE APPROPRIATE SU ACQUE E RIFIUTI IN PROGETTI DI COOPERAZIONE INTERNAZIONALE**
- pag. 143 Un progetto dei frati di Massaua per diffondere in Eritrea un dissalatore per comunità povere, isolate e prive di energia elettrica *di Padre Protasio Delfini, Ivan Biasi, Marcello Marchi, Mauro Cavani, Michele Ido, Pietro Marri, Stefania Cimino, Valentina Biasi*
- pag. 149 Design of household sanitation facilities through a participatory approach in Iringa Municipality, Tanzania *di Marta Domini, Sabrina Sorlini*
- pag. 155 Tecnologie appropriate per la sicurezza dell'acqua destinata al consumo umano nei Paesi a risorse limitate *di Sabrina Sorlini*
- pag. 160 Small-scale agricultural groundwater water supply solutions: an appropriate technology for a climate smart agriculture *di Domenico Vito*
- pag. 167 A preliminary assessment of environmental, economic and social impacts of e-waste management in Accra (Ghana) *di Fabiola Zambetti, Andrea Perteghella, Mentore Vaccari*

- pag. 173 **GLOBAL WATER EXPO**  
**ACQUE POTABILI: INQUINANTI EMERGENTI E PRIME APPLICAZIONI**  
**DI PIANI DI SICUREZZA**
- pag. 175 Applicazione del PSA al sistema idropotabile di Mortara (PV) *di Alessandro Abbà*
- pag. 181 Preliminary assessment for the development of a WSP for the drinking water supply system of Caprarola (VT) *di Michela Biasibetti, Sabrina Sorlini, Luca Lucentini, Emanuele Ferretti*
- pag. 187 Piano di salvaguardia del ciclo idrico integrato: alcuni esempi di applicazione per acque di falda *di Andrea Capriati, Valerio Sassù, Pierluigi Bison, Giulio Farinelli, Giovanni Di Bello, Giulia Costa, Renato Gavasci*
- pag. 193 Problematica relativa alla presenza di composti perfluoroalchilici (PFAS) nelle acque destinate al consumo umano prodotte dalla centrale acquedottistica di Madonna di Lonigo *di Massimo Carmagnani*
- pag. 200 Contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS): interventi per il contenimento della diffusione dei contaminanti nell'acqua potabile *di Andrea Chiorboli, Andrea Ceconato*
- pag. 207 Water remediation from emerging pollutants by AOPs with ionizing and non-ionizing radiation technologies *di Biagio Esposito, Luca Pretali, Salvatore S. Emmi, Francesco Riminucci, Maria Luisa Navacchia*
- pag. 213 I piani di sicurezza dell'acqua: esempi applicativi e definizione di criteri per la validazione *di Luca Lucentini, Laura Achene, Rossella Colagrossi, Valentina Fuscoletti, Federica Nigro Di Gregorio, Enrico Veschetti, Aldo Di Benedetto*
- pag. 218 Indagine sulle esperienze di gestione del rischio associato alla presenza di inquinanti emergenti nelle acque potabili *di Sabrina Sorlini, Michela Biasibetti*
- pag. 223 Il sistema idropotabile del Comune di Caprarola (VT). Approvvigionamento, trattamento e gestione *di Marilena Urbani, Giulia Arcangeli, Pier Luigi Morganti*
- pag. 229 **GLOBAL WATER EXPO**  
**WATER MANAGEMENT WITHIN THE CIRCULAR ECONOMY. RESOURCE**  
**RECOVERY FROM THE WATER CYCLE: MARKET, VALUE CHAINS AND NEW**  
**PERSPECTIVE FOR THE WATER UTILITIES AND CHEMICAL INDUSTRY**
- pag. 231 Connubio tra interventi biotecnologici e trattamenti termochimici per la gestione ottimizzata dei fanghi di depurazione *di Massimo Monteleone, Matteo Francavilla, Gian Maria Gasperi, Mauro Genovese, Michele De Stasio, Giovanni De Cristofaro, Rosita Bortone, Gianfranco Varlaro*
- pag. 237 **GLOBAL WATER EXPO**  
**READY-TO-MARKET RESOURCE RECOVERY TECHNOLOGIES. SCALE-UP OF LOW-CARBON FOOTPRINT MATERIAL RECOVERY TECHNIQUES FOR UPGRADING EXISTING WASTEWATER TREATMENT PLANTS: THE SMART-PLANT HORIZON2020 INNOVATION ACTION**
- pag. 239 Recupero di energia e materia dalle acque di vegetazione di frantoio *di Salvatore Andrea Nardo, Alberto Mannucci, Giulio Munz*

- pag. 244 Lca to evaluate impacts and solutions on sludge treatment *di Paolo Piccinno, Teodoro Gallucci, Vera Amicarelli, Giovanni Lagioi, Stefano Salvatore*
- pag. 251 **MONITORING & CONTROL**  
**IL MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ODORIGENE: TRA DEFINIZIONI**  
**NORMATIVE E NUOVE TECNOLOGIE DI CONTROLLO**
- pag. 253 Caratterizzazione chimica ed olfattometrica delle emissioni di impianti di depurazione a servizio di agglomerati urbani *di Ersilia D'Ambrosio, Patrizia Pagone, Massimo Guido, Massimiliano Baldini*
- pag. 259 Il Progetto LIFE RE Mida - Innovative Methods for Residual Landfill Gas Emissions Mitigation in Mediterranean Regions - LIFE14 CCM/IT/000464 *di Isabella Pecorini, Renata L. Caselli, Donata Bacchi, Ennio A. Carnevale*
- pag. 265 Modello concettuale e metodologie applicative delle nuove linee guida per la valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive del FVG *di Alessandra Pillon, Stefania Del Frate, Fulvio Stel, Antonella Zanello, Piero Capellari, Silvia Rivilli, Riccardo Snidar, Gianpiero Barbieri, Anna Fabris, Pierluigi Barbieri*
- pag. 271 Analisi odorigena nelle frazioni di Roncocesi e Villa Sesso nel Comune di Reggio Emilia *di Davide Varini, Stefano Fornaciari, Monica Sala, Maria Elena Manzini*
- pag. 277 **MONITORING & CONTROL**  
**QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR: RESPONSABILITÀ, OBBLIGHI E OPPORTUNITÀ. QUALI PROPOSTE PER LA COMUNITÀ EUROPEA E PER L'ITALIA**
- pag. 279 Messa a punto di una metodologia di un setup sperimentale per la valutazione del comfort e qualità dell'aria negli ambienti indoor scolastici soggetti a riqualificazione energetica *di Patrizia Aversa, Giuseppe Camporeale, Valerio Pfister, Vincenza Luprano*
- pag. 286 Inquinamento dell'aria indoor nel sistema-metropolitana nelle città europee *di Silvia Brini, Silvia Canepari, Giorgio Cattani, Francesca De Maio, Alessandro Di Menno Di Bucchianico, Arianna Lepore*
- pag. 292 Sperimentazione di procedure per la verifica del microclima in edifici pubblici *di Luigi Schibuola, Michele Masè, Alice De Bortoli*
- pag. 297 **SITE REMEDIATION AND REQUALIFICATION**  
**SOSTENIBILITÀ E RICONVERSIONE: LE BONIFICHE NEL QUADRO DELLA "CIRCULAR ECONOMY"**
- pag. 299 Il Sito di Interesse Nazionale (SIN) Stoppani: gli interventi di MISE già realizzati ed i lavori necessari per il rientro in via ordinaria *di Cecilia Brescianini, Marco Canepa, Vittorio Asplanato, Alessandro Comola, Marina Posti*
- pag. 306 Bonifica di un'area industriale attiva presso un sito di interesse nazionale in Sardegna – Portoscuso *di Giacomo Cattarossi, Raffaele Pellegatta, Pier Paolo Manca, Marcello Ghiani, Pietro Caredda*
- pag. 312 Sostenibilità della bonifica per un sito di interesse pubblico per la riconversione industriale *di Pablo De Paola, Marco Falconi, Sergio Cappucci*

- pag. 320 Il Piano di indagini di Caratterizzazione all'interno di aree industriali dismesse: caso applicativo alle ex Acciaierie e Ferriere Pugliesi *di Antonella Lomoro, Angela Addante, Massimo Guido*
- pag. 326 Bonifica, messa in sicurezza d'emergenza e ripristino ambientale di siti contaminati: caso applicativo dell'area naturale "Lama Castello" *di Antonella Lomoro, Angela Addante, Massimo Guido, Patrizia Pagone, Simona Rigante, Cesare Trematore, Daniele Carrieri*
- pag. 332 Desorbimento Termico *in situ* *di Stefano Micheli, Michel Benedettini*
- pag. 338 Bonifica circolare per le acque sotterranee priva di scarichi idrici *di Claudia B. Mosangini, Rossella Vitelli, Marco Pagano*
- pag. 344 Bonifica, messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale di siti contaminati: caso applicativo di una ex discarica a Minervino Murge *di Patrizia Pagone, Antonella Lomoro, Massimo Guido, Rosario Sarcinelli*
- pag. 350 Applicazione di sistemi BIM alla bonifica di un complesso edilizio contaminato da amianto: gestione e programmazione degli interventi *di Patrizia Pagone, Ersilia D'Ambrosio, Massimo Guido, Giovanni di Cagno Abbrescia*
- pag. 356 La bonifica dei Regi Lagni in Campania. Problematiche nella gestione di reti di trattamento delle acque reflue in contesti critici *di Raffaele Pica, Antonio Giuliano, Gianpaolo Sabia, Simone Busi, Sabino De Gisi*
- pag. 363 **EFFICIENT CIRCULAR INDUSTRY  
CARBON FOOTPRINT, FAVORIRNE IL CALCOLO E LA RIDUZIONE  
NELLE ORGANIZZAZIONI ITALIANE**
- pag. 365 Impronta ecologica ed economia circolare *di Marino Cavallo, Valeria Stacchini*
- pag. 372 An approach for the application of the Carbon Footprint as environmental indicator in the absorbent hygiene product sector *di Teodoro Gallucci, Vera Amicarelli, Giovanni Lagioia, Paolo Piccinno, Michele Minutillo, Mauro Squeo*
- pag. 377 Quantificazione e verifica dell'impronta climatica correlata ai servizi di telecomunicazione fissa e mobile. Lo studio condotto da Telecom Italia S.p.A., in collaborazione con il MATTM, e la verifica di Bureau Veritas Italia S.p.A. *di Luca Leonardi, Alena Trifirò*
- pag. 383 Gli isolanti ecologici in legno nella bioedilizia - Innovazioni tecnologiche e bilancio climatico globale *di Sefora Leah Spatafora, Alessia Tararà, Martina Zagarella, Cinzia Martelli, Antonella Rinaldo*
- pag. 389 Il sistema volontario di certificazione Leadership in Energy and Environmental Design quale strumento di tutela ambientale per le aziende di arredamento interno *di Giuseppe Teodoro, Filippo Aleo, Sebastiano Boris Patané, Paola Romano, Federica Spedalieri*
- pag. 395 **EFFICIENT CIRCULAR INDUSTRY  
LA PRATICA DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE IN ITALIA. CASI APPLICATIVI ED ORIENTAMENTI ALLA LUCE DELLE INIZIATIVE NAZIONALI, EUROPEE ED INTERNAZIONALI**
- pag. 397 Implementazione della Circular Economy in ambito urbano attraverso il vehicle sharing *di Chiara Aleppo, Marcello Silvio Arona, Adriano Di Franco, Clelia Gentile, Federica Giunta*

- pag. 403 Il comparto tessile di Prato come esempio consolidato di Ecologia Industriale di distretto *di Alessandra Bonoli, Silvia Bamonti, Rosangela Spinelli, Valentina Fantin*
- pag. 409 Produzione di compost derivante da filiera zootecnica siciliana quale esempio di economia circolare *di Lorenzo Baglio, Sandro Bonanno, Andrea Fichera, Andrea Leanza, Gaetano Cipolla*
- pag. 415 Le Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate (APEA): un'opportunità concreta per la Regione Lazio *di Laura Bernardi*
- pag. 422 Le qualità simbiotiche dei comparti industriali *di Valeria Briigliadori*
- pag. 427 Industrial Symbiosis: anaerobic digestion of waste products as mitigation strategy *di Andrea Esposito, Fabrizio D'Ascenzo, Giuliana Vinci*
- pag. 431 Il progetto FOOD CROSSING DISTRICT di Simbiosi industriale: due nuovi alimenti da sottoprodotti ed una mappa delle relative economie circolari in Emilia Romagna *di Valentina Fantin, Alessandra Bendini, Patrizia Buttol, Luca Camanzi, Vladimiro Cardenia, Laura Cutaia, Simona Scalbi, Claudia Scagliarino, Maria Teresa Rodriguez-Estrada, Enrico Valli, Tullia Gallina Toschi*
- pag. 438 Nuove strategie della simbiosi industriale per la valorizzazione delle risorse agrumicole siciliane *di Vanessa Gambera, Alessandro Camuglia, Federica Ragaglia, Ester Stella, Tonino Zingale*
- pag. 444 La dichiarazione ambientale di prodotto quale strumento attuativo del paradigma della economia circolare nel settore della bioedilizia *di Suriano Enrico, Matarazzo Agata, Giarrizzo Melissa, Guadagnuolo Vincenzo, Bertino Alberto*
- pag. 451 Valutazione economica dei percorsi di simbiosi industriale per la valorizzazione dei residui agro-industriali *di Marina Moretti, Grazia Barberio, Maria Claudia Lucchetti*
- pag. 457 Un modello di simbiosi industriale applicato alla filiera lattiero casearia siciliana *di Alessia Passalacqua, Ernesto Cocomero, Gabriele Russo, Gaia Sarnataro, Ludovica Vizzini*
- pag. 462 Simbiosi industriale, network e innovazione: potenzialità e limiti dei Poli d'Innovazione italiani *di Raffaella Taddeo, Alberto Simboli, Andrea Raggi, Anna Morgante*
- pag. 468 Simbiosi industriale: un'analisi ragionata dei settori chiave e degli interscambi più frequenti nelle esperienze europee *di Enrica Vesce, Maria Beatrice Pairotti, Riccardo Beltramo, Cristina Santhià*

# Introduzione

Gli articoli di seguito proposti riguardano alcuni dei contributi presentati alle principali conferenze aperte a *Call for papers* di Ecomondo 2016, svoltosi a Rimini dall'8 all'11 novembre 2016.

Questa raccolta potrà essere di grande utilità per coloro che non hanno potuto partecipare all'evento e rappresenta una preziosa fonte di informazioni e di stimoli a sostegno di uno sviluppo della *Green and Circular Economy* in Italia.

## **RIFIUTI: STRATEGIE PER LA RACCOLTA, LA VALORIZZAZIONE, SISTEMI DI GESTIONE INTEGRATA E COMPOSTAGGIO**

Con l'approvazione del VII Programma d'Azione, l'UE ha raccomandato un impegno ulteriore per ridurre la produzione dei rifiuti, limitando al contempo il ricorso alla discarica, muovendosi per quanto possibile verso un'economia "circolare" guidata dal principio del "ciclo di vita" dei prodotti. Gli aspetti problematici rimangono spesso legati alla complessità normativa e burocratica, che limita l'applicabilità di processi anche tecnicamente fattibili. Assieme alla normativa europea, anche quella nazionale sta modificando le condizioni in cui avviene la gestione dei rifiuti. La ricerca in questo campo è rivolta a nuove possibili soluzioni gestionali, a tecnologie innovative di valorizzazione di materiali altrimenti destinati allo smaltimento, alla valutazione della sostenibilità dei processi di raccolta e recupero dei rifiuti. L'edizione di quest'anno intende valutare i benefici ottenibili dall'implementazione dell'economia circolare in questo campo, i fattori che ne favoriscono l'attuazione, le sfide, le innovazioni tecnologiche e l'evoluzione dei modelli gestionali, nonché i parametri per monitorarne gli effetti.

Per quanto riguarda i rifiuti organici, vari sono i temi di interesse: la produzione, le raccolte differenziate, il trattamento, la digestione anaerobica, il compostaggio, la produzione di fertilizzanti organici, la valorizzazione del compost e del biogas mediante generazione di biometano, le nuove bioraffinerie.

Gli articoli raccolti all'interno di questa macroarea offrono una panoramica su alcuni di questi temi.

## **GESTIONE SOSTENIBILE DELLA RISORSA IDRICA**

La qualità delle risorse idriche e il benessere collettivo sono oggi minacciati dalla presenza e dall'interazione nell'ambiente di molteplici composti chimici. I recenti sviluppi della normativa europea per la protezione dei corpi idrici prevedono stringenti obblighi di monitoraggio. Problemi connessi con la qualità delle acque comprendono la messa a punto di metodi analitici che permettano la determinazione simultanea di più micro-contaminanti e la valutazione degli effetti che la contaminazione multipla può avere sulla qualità degli ecosistemi e sulla salute dell'uomo.

Una particolare attenzione quest'anno è rivolta ai progetti di cooperazione internazionale. Numerose agenzie (WB, WHO, ADB, ecc.) ed enti di cooperazione (associazioni di volontariato, ONG, ecc.), investono infatti ingenti risorse umane e finanziarie per supportare

programmi nei paesi a risorse limitate, con l'obiettivo di definire soluzioni appropriate per gestire adeguatamente le problematiche legate alle acque e ai rifiuti.

Un altro tema importante legato alla gestione dell'acqua riguarda il recupero delle risorse materiali ed energetiche, nell'ottica di una economia circolare. Tante sono le sfide e le problematiche da affrontare e il progetto SMART-plant (Horizon2020) affronta alcune di queste criticità attraverso soluzioni tecnologiche innovative.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

## **QUALITÀ DELL'ARIA, MONITORAGGIO, GESTIONE E CONTROLLO DI EMISSIONI ODORIGENE**

Il tema del monitoraggio, del controllo e della valutazione dell'impatto olfattivo prodotto dalle diverse realtà industriali sul territorio è attualmente oggetto di grande attenzione. L'edizione del 2016 è dedicata alle recenti novità legislative, alle emergenti metodologie e tecnologie di controllo e alla loro opportuna integrazione, senza tralasciare l'aspetto legato alla riduzione e abbattimento degli inquinanti odorigeni.

Per quanto concerne il tema della qualità dell'aria *indoor* diverse sono le iniziative ed i programmi nazionali e comunitari che se ne occupano. Vari Paesi Europei (es. Belgio, Francia, Finlandia, Germania, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Norvegia, Lituania, ecc.), hanno definito una più ampia strategia che ha portato ad una continua elaborazione di valori guida e a criteri comuni per l'etichettatura delle emissioni dei prodotti, con l'obiettivo di assicurare la riduzione delle emissioni generate da tutte quelle sorgenti presenti nell'ambiente *indoor*. In particolare gli argomenti trattati comprendono la ricerca e l'innovazione, l'industria, la certificazione e gli aspetti normativi, la formazione, il monitoraggio e la valutazione dell'aria *indoor*.

Gli articoli raccolti riguardano alcuni dei suddetti temi.

## **GESTIONE E BONIFICA SOSTENIBILE NEL QUADRO DELLA CIRCULAR ECONOMY**

La bonifica dei siti contaminati è un problema complesso che interessa molti soggetti a livello nazionale e locale, dal sistema delle istituzioni (Ministeri, Regioni, Istituzioni e Agenzie Scientifiche Nazionali e Regionali) al sistema delle imprese, che a sua volta include i soggetti responsabili o comunque interessati alla bonifica e le imprese che offrono loro servizi e tecnologie. Ecomondo 2016 è dedicata al tema della sostenibilità delle bonifiche di siti contaminati in coniugazione con la loro riqualificazione economica. Negli anni è cresciuta infatti la richiesta di una gestione sostenibile delle "bonifiche", dove le esigenze di risanamento ambientale e di sicurezza igienico-sanitaria siano coniugate a costi accettabili e al recupero economico delle aree bonificate. Ciò richiede una convergenza tra tutti gli elementi che possono concorrere a definire la strategia di bonifica (normativi, procedurali, tecnologici e economici). In questo senso, la bonifica dei siti contaminati diventa un tassello importante di uno sviluppo basato sui principi della *Circular Economy*, consentendo di recuperare servizi dagli ecosistemi.

Gli articoli raccolti all'interno di questa area offrono una panoramica su alcuni di questi temi.

## **L'IMPRONTA AMBIENTALE: CALCOLO E RIDUZIONE NELLE ORGANIZZAZIONI NAZIONALI**

Le organizzazioni pubbliche e private sono chiamate a misurare, ridurre e comunicare la propria impronta di carbonio o l'intera impronta ambientale, in risposta da un lato alle esigenze di un mercato sempre più consapevole, e dall'altro alla lotta al cambiamento climatico e all'inquinamento. Queste esigenze hanno già portato a profondi cambiamenti di mercato e di politiche industriali. Ecomondo 2016 esamina come supportare il sistema

produttivo nazionale in questa sfida, cogliendo l'opportunità offerta dal progetto europeo CLIM'FOOT "*Climate Governance: Implementing Public Policies to Calculate and Reduce Organisation Carbon Foot Print*". Il progetto ha l'obiettivo di sviluppare una banca dati di fattori emissivi e altri strumenti operativi, e guiderà complessivamente più di 50 organizzazioni nella quantificazione dell'impronta di carbonio e nell'identificazione delle misure per una sua riduzione.

Gli articoli raccolti trattano alcune delle suddette tematiche.

### **LA SIMBIOSI INDUSTRIALE: INIZIATIVE NAZIONALI E INTERNAZIONALI**

In ambito G7, l'*"Alliance on Resource Efficiency"* ha individuato nella simbiosi industriale uno dei punti cardine per la strategia per l'efficienza nell'uso delle risorse. La simbiosi industriale (SI) è riconosciuta quindi come una potente pratica per l'uso efficiente delle risorse e la chiusura dei cicli in linea con l'economia circolare. Attraverso la SI si valorizzano le risorse sul territorio e in aree e distretti industriali e si promuovono modelli di reti e relazioni in grado di stimolare il trasferimento di risorse tra industrie dissimili. Ecomondo 2016 raccoglie esperienze reali di simbiosi industriale e permette di confrontarsi sulle prospettive più recenti offerte a livello nazionale ed internazionale per sviluppare, implementare e favorire l'adozione di buone pratiche di simbiosi industriale.

Gli articoli raccolti affrontano tali tematiche.



# WASTE MANAGEMENT AND EXPLOITATION

## LA GESTIONE DEI RIFIUTI NELL'ECONOMIA CIRCOLARE: LE RICERCHE APPLICATE DI RICICLO, RECUPERO, E GESTIONE INTEGRATA

Il rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente pubblicato a gennaio 2016, "Circular economy in Europe - Developing the knowledge" ha evidenziato come la transizione verso un'economia circolare consentirà benefici ma comporterà anche nuove sfide. Alcuni materiali critici, per i quali si stima un sempre più difficile approvvigionamento nel prossimo futuro, oppure altri il cui riciclo è reso complicato dalla mescolanza di caratteristiche differenti (quali le plastiche miste o alcune leghe metalliche), rappresentano esempi di problemi che la ricerca applicata deve risolvere. I benefici ottenibili dall'implementazione dell'economia circolare, i fattori che ne favoriscono l'attuazione, le sfide, le innovazioni tecnologiche e l'evoluzione dei modelli gestionali, i parametri per monitorarne gli effetti, rappresentano il focus di questa sessione.

A cura di: **Università di Bologna - CIRI Energia e Ambiente, Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali - Società Chimica Italiana, ENEA, CTS Ecomondo**

**Presidenti di sessione:**

- Fabrizio Passarini, *Università di Bologna*
- Michele Notarnicola, *Politecnico di Bari*



# Stampa 3D a partire da miscele di plastiche da rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche

Loredana Di Lucchio [loredana.dilucchio@uniroma1.it](mailto:loredana.dilucchio@uniroma1.it), Chiara Petruzzi, [chiara.petruzzi@hotmail.it](mailto:chiara.petruzzi@hotmail.it)  
Sapienza Università di Roma - Laboratorio Sapienza Design Factory  
Lorenzo Cafiero [lorenzo.cafiero@enea.it](mailto:lorenzo.cafiero@enea.it), Riccardo Tuffi, Alessio Ubertini  
ENEA – c.r. Casaccia, Roma;  
Flavio Caretto  
ENEA – c.r. Brindisi, Mesagne (Br)

## Riassunto

*Il recupero di materia da rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) è un obiettivo stabilito dalla direttiva europea 2012/19/UE. Oggi il settore del riciclo è in difficoltà a causa del crollo del prezzo della plastica riciclata in conseguenza della riduzione del valore delle materie prime. Una via d'uscita è rappresentata dalla ricerca di applicazioni ad alto valore aggiunto come il filamento in plastica utilizzato per alimentare la stampante 3D, dove il prezzo di vendita può oscillare tra 20 e 50 € kg<sup>-1</sup>. Con l'obiettivo di esplorare questa possibilità applicativa, è nato una collaborazione tra la divisione «Uso Efficiente delle Risorse e chiusura dei cicli» di ENEA e il Laboratorio Sapienza Design Factory della Università di Roma "La Sapienza". La sperimentazione svolta ha visto i seguenti step: 1) reperimento di campioni da impianti di trattamento RAEE, disassemblaggio e recupero delle parti in plastica, separazione di frazioni omogenee in base al polimero costituente; 2) triturazione ed estrusione a filo di 1,75 mm utile alla stampa 3D; 3) stampa di oggetti campione per test di resistenza meccanica; 4) progettazione e realizzazione di una filiera di recupero e riuso di piccoli oggetti dismessi o parzialmente danneggiati che grazie a nuove parti realizzate in Stampa 3D con plastica riciclata da RAEE sono pronti ad un nuovo ciclo di vita.*

## Summary

*Material recovery from waste electric and electronic equipment (WEEE) is a target established by the European directive 2012/19/CE. However, the recycling option finds some hindrances since the downfall of the plastics prices in 2015. A solution may consist of adding value to the recycle with new commercial applications, such as the filament for 3D printer where the price ranges between 20 and 50 € kg<sup>-1</sup>. With this aim a cooperation between Efficient Resource Use Division of ENEA and Sapienza Laboratory Design Factory of the University "La Sapienza" of Rome was borne. Experimental activity consisted of the following steps: 1) sample collection from material recovery facilities (either plastic pieces from external housing or integer small appliances such as computer or mobile phones), dismantling and obtainment of the plastic fractions selected by polymer; 2) grinding down to <0,5 mm size and 1,75 mm filament extrusion suitable for 3D; 3) mechanical resistance tests according to ISO-572-2; 4) design and realization of a recycling and reuse supply chain which allows to repair small WEEE by substituting 3D printed components from WEEE recycled plastics ready for a new life cycle.*

## 1. La stampa 3D: diffusione e impatto ambientale

L'avvento e la diffusione della stampa 3D promette da tempo di cambiare il paradigma e l'assetto della produzione industriale tradizionale. La stampa 3D come *additive manufacturing* lavora per aggiunta di materiale in strati successivi "layer by layer". Quindi, potenzialmente, qualsiasi materiale che possa essere trasformato da polvere (o liquido) in solido grazie alla temperatura o a una radiazione laser, può essere "stampato". Attualmente oltre un centinaio di materiali sono già utilizzati nella stampa 3D e il loro numero è in continua crescita [1]. E se da un lato l'industria tradizionale si converte via via all'*additive manufacturing* per sviluppare componenti o prodotti che richiedono un alto livello di personalizzazione e complessità, dall'altra lo sviluppo di stampanti di piccolo impatto e più semplici hanno aperto incontro e dato risposta a quel fenomeno hobbistico/artigianale dei *maker*, dove si realizzano realizzare oggetti unici o fortemente personalizzati dando vita ad un'altra filiera produttiva che è quella del cosiddetto *personal manufacturing*. Questa nuova filiera produttiva, oltre a tutti i suoi effetti positivi in termini culturali, sociali ed economici, si somma drasticamente alla produzione industriale classica sul problema dell'impatto ambientale dei rifiuti, più o meno tossici, sia del processo di produzione che di consumo. M. Kurman e H. Lipson, co-autori del libro *Fabricated* [2], hanno messo in evidenza i fattori di negatività di questo fenomeno: a) il consumo energetico, nettamente superiore a quello delle classi macchine industriali, b) la forte dipendenza dalle materie plastiche (in particolare proprio per le tecnologie Fused Deposition Modeling (FDM) che lavorano per estrusione di polimeri termoplastici). Appare chiaro come l'impatto ambientale dovuto all'utilizzo poco consapevole proprio delle materie plastiche sia un elemento discriminante per l'effettivo e sostenibile sviluppo di queste tecnologie. Un'opportunità può nascere dall'utilizzo di plastiche da RAEE come alternativa al materiale vergine, conferendo valore aggiunto ad un prodotto del riciclo che negli ultimi anni sta conoscendo un preoccupante calo di valore ([4] –[9]) e verificando al contempo l'assenza di ritardanti di fiamma bromurati come prescritto dalla Direttiva RAEE (2012/UE/19).

## 2. Il processo di riciclo: materiali, metodi e risultati

La sequenza delle operazioni previste dall'attività è descritta nello specchio di figura 1.

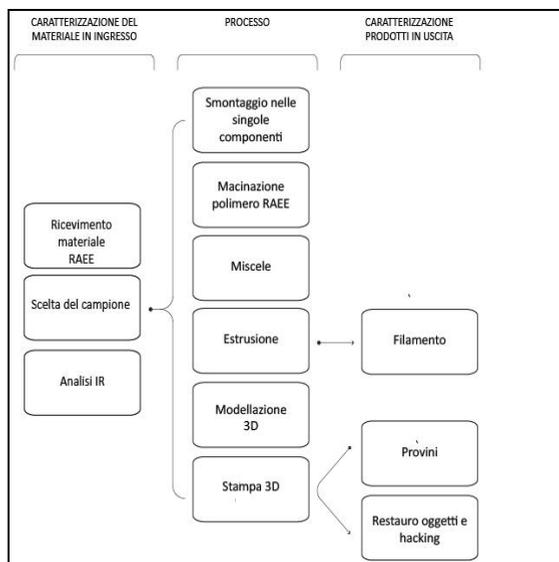


Fig. 1 – Sequenza delle fasi di caratterizzazione e di processo utilizzate

I campioni sono stati sottoposti ad uno screening qualitativo all'infrarosso, all'analisi termica e alla verifica della presenza di bromo.

Successivamente all'analisi, ogni campione è stato sottoposto a triturazione fino ad una dimensione di 0,5 mm. Le miscele (v. Tab. 1) sono state ottenute pesando le polveri dei campioni, prelevando opportune aliquote e omogeneizzandole all'interno di contenitori. I campioni in polvere sono stati estrusi con un estrusore da banco Filastruder (12V, 2,5 A) dotato di ugello di ottone da 1,75 mm e regolazione della temperatura.

| ABS | PS  | PA66 | PBT | PC  |
|-----|-----|------|-----|-----|
| 0   | 100 | -    | -   | 100 |
| 10  | 90  | -    | -   | -   |
| 50  | 50  | -    | -   | -   |
| 70  | 30  | -    | -   | -   |
| 90  | 10  | -    | -   | -   |
| 95  | -   | 5    | 5   | 5   |
| 99  | -   | 1    | 1   | 1   |

**Tab. 1** – *Composizione % delle miscele dei polimeri PS, PA66, PBT e PC con ABS*

Dal filo estruso si è proceduto alla stampa 3D di un provino a forma di un cono spartitraffico del peso di 5-6 g, utilizzando la tecnologia Fused deposition Modeling (FDM) con una macchina MakerBotReplicator 2X e per la modellizzazione il programma Rhinoceros 5.0.

Le caratteristiche di resistenza meccanica (misura della riduzione della sezione trasversale in trazione) sono state testate stampando un provino a forma di fustella in accordo con la norma EN ISO 572-2 a tre diverse percentuali di riempimento (10%, 50% e 100%). La prova ha riguardato il confronto tra ABS riciclato da impianto di trattamento RAEE e ABS commerciale per stampa 3D.

I polimeri individuati tramite spettrometria FTIR in base a ciascun campione sono riportati in tab. 2.

| Componente                         | Polimero          |
|------------------------------------|-------------------|
| Rivestimento esterno RAEE generico | ABS o PS          |
| Connettori scheda elettronica      | PA66 o PBT        |
| Involucro esterno                  | PC, ABS, PC/ABs   |
| Tasti                              | PC                |
| Pellicola protezione tastiera      | PET               |
| Supporto scheda                    | Resina epossidica |
| Schermo                            | PMMA              |

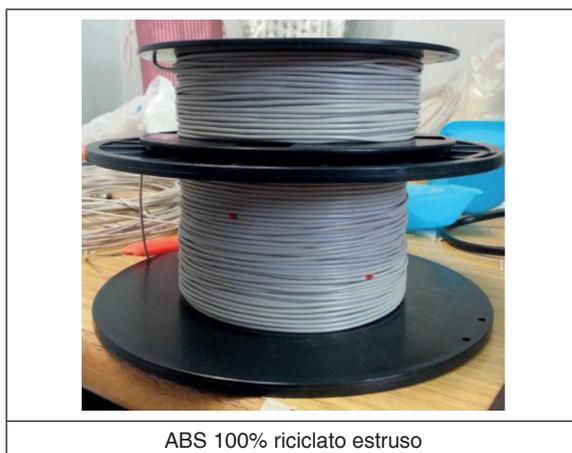
**Tab. 2** – *Identificazione dei polimeri nei campioni*

Dall'esame del comportamento termico si è potuto osservare che l'ABS perde ca. il 90% della sua massa iniziale tra 400 e 420 °C e ha un contenuto in ossidi di circa il 5%. Dal segnale DSC non risultano fenomeni di fusione (assenza di picchi endotermici) o di cristallizzazione.. Infine, si è riscontrata la presenza di bromo in uno dei campioni, che pertanto non può essere considerato per il riciclo. Citroen nemo et319zx mondini stefano

| Polimero       | %Br      |
|----------------|----------|
| ABS imp RAEE 1 | -        |
| ABS imp RAEE 2 | 1,9±0,09 |
| PBT            | 3±1      |
| PA66           | 3,3±0,9  |

**Tab. 3** – Presenza di Bromo nei campioni polimerici

In base ai risultati ottenuti con l'analisi termica si sono impostate le temperature per l'estrusione tra 170 ° C e 178 ° C per tutte le miscele stireniche, mentre si è operato a 220°C nel caso del PC. I fili estrusi (Figura 2) a partire dai campioni PS e ABS 100%, come anche la miscela (PS 10% e ABS 90%) hanno manifestato le caratteristiche migliori di lavorabilità: assenza di rugosità, flessibilità e resistenza.



ABS 100% riciclato estruso

**Fig. 2** – Esempio di ABS riciclato 100% estruso a filo

Nelle miscele con presenza di PBT, PA66 e PC si sono manifestati fenomeni di segregazione del polimero nella matrice di ABS, con conseguente fragilità e rugosità, anche con percentuali molto basse. La stampa ha avuto successo per le sole miscele ABS-PS, mentre laddove sono state impiegate percentuali fino all'1% di altri polimeri (PA6, PBT e PC), ci si è dovuti arrestare a causa dell'insufficiente duttilità del filo, e presenza di difetti di inclusione.

La temperatura di estrusione dell'ugello è stata impostata a 230°C, dovendo aumentare a 250°C nei casi di occlusione. Diversi sono stati i problemi più frequentemente riscontrati: il warping che si verifica quando la plastica del primo strato raffredda, indurisce e genera un ordito ai bordi del provino; irregolarità e deformazioni del primo strato a causa dello scarso livellamento del piatto; cricche nei provini, in particolare sulla sommità, a causa del rapido raffreddamento dello strato superiore e della distanza da calore del piatto; pillowing, ovvero bolle e pori interni a causa di un difetto di ventilazione o della scarsa estensione degli strati superiori. Di seguito si riporta una rassegna di immagini dei provini dove sono evidenziati i difetti mediante frecce indicatrici.

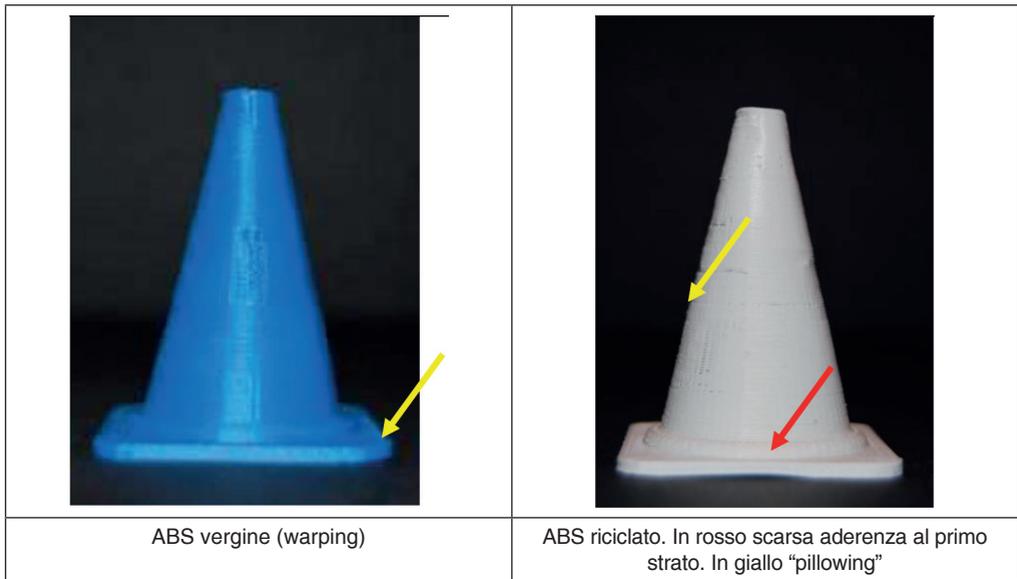


Fig. 3 – Alcuni esempi di difetti riscontrati nei provini

Le prove di resistenza meccanica che hanno permesso di mettere a confronto l'ABS "commerciale" per stampanti 3D e il campione riciclato si sono rivelate soddisfacenti (Figura 11; Tabella 4). Si è infatti potuto osservare che le proprietà delle diverse classi di provini presentano valori ricadenti nello stesso intervallo di variabilità. Per entrambi, all'aumentare del riempimento aumenta la resistenza meccanica, ma l'ABS riciclato non offre prestazioni inferiori in confronto con il prodotto commerciale.

| ABS commerciale      |                                      |                       |
|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Grado di riempimento | Resistenza a trazione $\sigma$ (MPa) | Modulo elastico (MPa) |
| 10%                  | 16±1                                 | 1100±66               |
| 50%                  | 20,3±0,2                             | 1400±65               |
| 100%                 | 36±2                                 | 2100±168              |
| ABS riciclato        |                                      |                       |
| Grado di riempimento | Resistenza a trazione $\sigma$ (MPa) | Modulo elastico (MPa) |
| 10%                  | 15±2                                 | 1300±166              |
| 50%                  | 19±1                                 | 1300±58               |
| 100%                 | 31±2                                 | 2300±79               |

Tab. 4 – Risultati della prova di resistenza a trazione per ABS commerciale e ABS riciclato al variare del grado di riempimento.

### 3. Possibili applicazioni per il mercato della Stampa 3D

A conclusione della sperimentazione descritta, il gruppo di lavoro ha avviato una fase di studio e individuazione di possibili campi di applicazione per il nuovo materiale da sfruttare in una tipica filiera di *personal manufacturing*.

In particolare, alla luce dell'obiettivo di riduzione dell'impatto ambientale dei processi di Stampa 3D FDM utilizzati nel *personal manufacturing*, ci si è concentrati sui fattori di obsolescenza dei prodotti che sono anch'essi causa sensibile della produzione di rifiuti.

I fattori che rendono obsoleto un bene possono essere prestabiliti dall'azienda produttrice attraverso una cosiddetta "obsolescenza programmata". A questa modalità si affianca un comportamento del consumatore che determina la "obsolescenza percepita" a causa della quale un prodotto perde non la sua funzione ma il suo portato culturale. E quindi, molti oggetti, oggi, entrano nel circuito dei rifiuti quando ancora possiedono infinite possibilità di utilizzo. Immaginando una tipica filiera di personal manufacturing che vede a) un ruolo attivo del consumatore finale, b) il coinvolgimento, come luoghi di produzione, dei Fab-Lab [3] o comunque di Laboratori che offrono servizi di Stampa 3D anche nella logica del Do-It-Yourself, c) il contributo progettuale e gestionale della generazione di progettisti definiti appunto *Makers*, è nato il progetto "*Hospital of Objects*" sviluppato all'interno del Laboratorio Sapienza Design Factory.

"*Hospital of Objects*" è un servizio in cui gli oggetti dimenticati, obsoleti, accidentalmente rotti, vengono rimessi a nuovo, ripristinati, resi ibridi, hackerati o semplicemente restaurati, in base alle esigenze del cliente, grazie alla Stampa 3D FDM e utilizzando fili ottenuti dal riciclo degli scarti polimerici RAEE della categoria R4 (nella fattispecie, vecchi dispositivi come smartphone, tablet, vecchie tastiere e mouse, radiosveglie, consolle)

Il principale valore aggiunto di questa sperimentazione sta nel chiudere il più possibile il ciclo di vita dell'oggetto che seppur nuovo per aspetto e, in alcuni casi, funzione è a tutti gli effetti ottenuto dal riuso di un precedente oggetto implementato da parti fatte di polimero riciclato. Inoltre, il progetto "*Hospital of Objects*", grazie allo scambio di competenze rappresenta una best practice per la dare seguito ad ulteriori sperimentazioni finalizzate ad un utilizzo più sostenibile della stampa 3D.



**Fig. 4** – Piccolo vaso ceramico rotto recuperato e reso riutilizzabile grazie all'aggiunta di una nuova scocca stampata in FDM con filamento da scarto RAEE.

#### 4. Conclusioni

In conclusione, si può affermare che la sperimentazione effettuata ha dato dei risultati che, seppur parziali, sono incoraggianti a proseguire in questa direzione. Il controllo sul contenuto di bromo è necessario anche per quelle plastiche che costituiscono il rivestimento per evitare che siano in modo non corretto destinate al riciclo. I test di estrusione su ABS, PS e loro miscele hanno generato dei filamenti flessibili, omogenei e privi di rugosità e dunque perfettamente utilizzabili nella Stampa 3D. Altrettanto le prove di resistenza meccanica in accordo con la norma EN ISO 572-2. Da un punto di vista delle applicazioni, quella sperimentata, seppur dimostra un buon appeal di mercato, rappresenta al momento solo un

primo approccio e verifica all'effettivo uso e commercializzazione del filo per Stampa 3D da riciclo di RAEE.

### **Bibliografia**

- [1] **Kreiger, M.A., Mulder, M.L., Glover, A.G., Pearce, J. M.**, *Life Cycle Analysis of Distributed Recycling of Post-consumer High Density Polyethylene for 3-D Printing Filament*, Journal of Cleaner Production, 70, pp. 90–96, (2014).
- [2] **Lipson, H., Kurman, M.**, *Fabricated: The New World of 3D Printing*, Wiley, (2013)
- [3] **Neufeld L., Stassen F., Sheppard R., Gilman T.** *The New Plastics Economy - Rethinking the future of plastics*. World Economic Forum, (2016) su [www3.weforum.org](http://www3.weforum.org)
- [4] **PlasticsEurope**. *Plastics – The Facts 2015. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data*, [www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org) (2015)
- [5] **Cai M., Savio G.D.** *Il riciclo della plastica – L'impatto economico della filiera italiana del riciclo indipendente della plastica*, FrancoAngeli editore (2013)
- [6] **Pettinao E., Leoni S., Albani A., Cesaretti D., Navach S.** *L'Italia del Riciclo*, Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, (2015)
- [7] **Centro di Coordinamento RAEE**. *Rapporto Annuale 2015* [www.cdcrree.it](http://www.cdcrree.it) (2015)
- [8] **Verhoeven, R., Juffernbruch, R., Plasticker**, *The comprehensive, up-to-date news portal for the plastics industry and at the same time its large market place*, New Media Publisher GmbH, [http://plasticker.de/index\\_en.php](http://plasticker.de/index_en.php)
- [9] **Baldé, C.P., Wang, F., Kuehr, R., Huisman, J.** *The Global E-Waste Monitor – 2014*, United Nations University, IAS – SCYCLE: Bonn, Germany, (2015)

# Citizen Satisfaction Survey sulla gestione integrata dei rifiuti

Luca Salvatore Grassia, Paolo Piana, Enrica Gullo, Antonino Micali, Maria Teresa Clasadonte,  
clasadon@unict.it

Università degli Studi di Catania - Dipartimento di Economia e Impresa - Catania

## Abstract

*In una logica di economia circolare, è obbligo per le aziende gestire i rifiuti in modo da prevenirne fin dall'inizio la loro destinazione una volta che sono dismessi, incentivare tutta la catena di valore ed allungare il ciclo di vita dei prodotti per limitarne lo smaltimento. In quest'ottica ecosostenibile, ogni ente locale, con il sostegno attivo dei propri cittadini mira a: raccogliere in modo efficiente le diverse frazioni di rifiuto; svolgere un essenziale compito di collaborazione con le aziende; proporre innovazioni tecnologiche per ridurre il consumo di energia di materie nelle fasi di produzione e di uso; incentivare la creazione di nuovi mercati delle materie prime secondarie (materie riciclate) mediante apposite norme, appalti pubblici ecc.*

*Questo studio è volto ad indagare sulle quantità di rifiuti raccolte e differenziate per categoria merceologica nell'area metropolitana della città di Catania e Provincia, al fine di analizzare l'attuale situazione di efficienza economica, tecnica ed ambientale dell'ente locale nei riguardi della politica di gestione dei rifiuti solidi urbani (RSU).*

*Inoltre, per analizzare la soddisfazione del cittadino nei riguardi di tale nuova politica posta in essere dall'ente locale, è stato compilato e somministrato un apposito questionario atto a conoscere l'interesse e la sensibilità dei residenti nei riguardi degli strumenti operativi per la raccolta differenziata degli RSU.*

## Summary

*In a circular economy, every local authority, with the active support of its citizens aims to efficiently collect the different waste fractions; play an essential task of collaboration with companies; propose technological innovations to reduce the energy consumption of materials during their production and use; encourage the creation of new markets for secondary raw materials (recycled materials) by means of special regulations, public procurement.*

*This study aims to investigate the amount of waste collected and differentiated by product category in the metropolitan area of the city of Catania and Province, in order to analyze the current situation of economic, technical and environmental efficiency of the local authority with regard to politics of municipal solid waste. It was prepared a questionnaire to analyze the satisfaction of citizens with respect to this new policy.*

## 1. Introduzione

Nel rapporto "The Potential for Substituting Manpower for Energy" presentato alla Commissione Europea nel 1976, Walter Stahel e Genevieve Reday presentarono una visione di economia circolare con l'obiettivo di allungare la vita utile dei prodotti e modificare il normale ciclo di produzione lineare, allo scopo di valorizzare quelli che fino ad allora venivano considerati rifiuti [1].

L'economia circolare «è un'economia pensata per potersi rigenerare da sola e che mira a mantenere i prodotti, le componenti e i materiali alla loro massima utilità e valore di sempre, distinguendo due tipologie di flussi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera» [2]. Nel Ventunesimo secolo, nonostante ancora molte aziende adottino sistemi di produzione lineari, le grandi multinazionali e le aziende proattive hanno avviato progetti in direzione di un'economia circolare. Il 2 dicembre 2015 la Commissione Europea ha adottato un nuovo, ambizioso pacchetto di misure sull'economia circolare, per promuovere la transizione dell'Europa verso un'economia che aumenterà la competitività globale, sosterrà la crescita economica e genererà nuova occupazione. [3]. Lo strumento più attivo nella gestione dei rifiuti che possa rientrare nella logica dell'economia circolare è la gestione integrata dei rifiuti, ossia la gestione dell'intera filiera dei rifiuti dal momento in cui vengono prodotti (anzi, dallo stesso momento in cui vengono pensati) a quello che segna la fine del loro ciclo di vita (o perché trasformati in nuove risorse o perché smaltiti definitivamente), ormai largamente preferita alla gestione individuale delle singole fasi (raccolta, recupero/trattamento e smaltimento). L'Unione Europea ha adottato quest'ottica da tempo, con il principio dell'integrazione dei diversi "circuiti" di raccolta (suddivisi per frazioni omogenee di rifiuti da raccogliere: umido, carta, vetro, e così via) e di questi con le fasi di trattamento e smaltimento finale, riservando alla raccolta differenziata, finalizzata al recupero e al riciclaggio dei materiali, un ruolo centrale [4].

## **2. La gestione integrata dei rifiuti**

In Italia, la materia riguardante la gestione integrata dei rifiuti è disciplinata dagli Artt.179-181 raccolti nel d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 ("Norme in materia ambientale") [5] conosciuto anche come Testo unico ambientale [6].

In particolare, l'Art.179 definisce i criteri di priorità all'interno di una logica di gestione integrata del problema, per favorire la prevenzione e la riduzione della nocività dei rifiuti attraverso:

- lo sviluppo di tecnologie pulite;
- l'immissione sul mercato di prodotti concepiti in modo da non contribuire o da contribuire il meno possibile ad incrementare la quantità o la nocività dei rifiuti e i rischi di inquinamento;
- lo sviluppo di tecniche appropriate per l'eliminazione di sostanze pericolose contenute nei rifiuti al fine di favorirne il recupero.

L'Art 180 disciplina la prevenzione della produzione di rifiuti seguendo i criteri di priorità definiti dall'art.179 attraverso la promozione di strumenti economici, sistemi di certificazione ambientale, analisi del ciclo di vita dei prodotti.

Infine l'Art 181 regola il recupero dei rifiuti. Il comma 1 dell'articolo in questione mira alla riduzione dello smaltimento finale dei rifiuti attraverso:

- il riutilizzo, il reimpiego ed il riciclaggio; - le altre forme di recupero per ottenere materia prima secondaria dai rifiuti; - l'adozione di misure economiche e la previsione di condizioni di appalto che prescrivano l'impiego dei materiali recuperati dai rifiuti al fine di favorire il mercato di tali materiali;
- l'utilizzazione dei rifiuti come mezzo per produrre energia.

Per garantire l'efficacia degli articoli sopra citati e quindi una corretta gestione integrata dei rifiuti, lo sviluppo tecnologico ha portato a differenti tecniche di gestione, tra cui: lo smaltimento in discariche controllate, l'incenerimento, il compostaggio, la pirolisi, la digestione anaerobica dei gas ed il riciclaggio.

Una delle meno impattanti è la pirolisi: un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, in assenza di ossigeno ed in presenza di acqua come risultante il gas di sintesi ed il residuo solido; o ancora la digestione anaerobica dei gas che, attraverso la fermentazione in assenza di ossigeno e a temperatura controllata, un grande numero di batteri degrada la sostanza organica. Il risultato di questa degradazione è triplice: biogas, calore e fertilizzante liquido naturale.

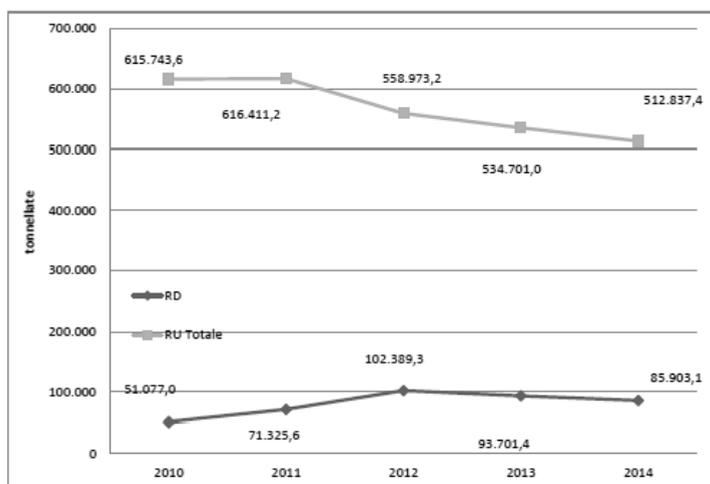
L'utilizzo di tali tecniche di gestione permette di minimizzare i rifiuti finali e di ricavare da quelli originari energia e materie prime seconde, ovvero scarti della produzione che vengono riutilizzati per nuovi processi produttivi. Grazie allo sviluppo delle tecniche di riciclaggio dei rifiuti, si è creato un vero e proprio mercato delle materie prime seconde in continua crescita, che genera profitti e favorisce una riduzione delle spese di produzione e dell'impatto ambientale.

### 3. Gestione di raccolta differenziata nella città di Catania

Catania è una delle più grandi metropoli del Sud Italia e comprende 58 comuni, la città si estende su una superficie di 182,9 km<sup>2</sup> con una popolazione di di 319 584 abitanti [7]. La metropoli si impegna alla corretta attuazione della raccolta differenziata. Dai dati raccolti degli anni 2010-2014 [8] possiamo renderci conto dei cambiamenti in termine di raccolta differenziata nella Provincia: come si evince dalla Fig.1, la città ha ridotto la quantità di rifiuti urbani annui e aumentato leggermente il riciclo di questi, portando la quantità percentuale riciclata nel 2012 dall'8% del 2010 al 18,3% dei rifiuti totali nel 2012, per poi subire un calo negli anni seguenti riducendo la quantità percentuale del 2% nell'ultimo biennio. In tabella 1 vengono mostrati i dati sulle quantità raccolte, elaborati poi nella figura 1 [8].

| Anno | Popolazione | RU totale    | Pro capite RU | RD           | Pro capite RD | Percentuale RD |
|------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
|      |             | (tonnellate) | (kg/ab.*anno) | (tonnellate) | (kg/ab.*anno) | (%)            |
| 2010 | 1.090.101   | 615.743,6    | 564,9         | 51.077,0     | 46,9          | 8,3            |
| 2011 | 1.078.766   | 616.411,2    | 571,4         | 71.325,6     | 66,1          | 11,6           |
| 2012 | 1.078.045   | 558.973,2    | 518,5         | 102.389,3    | 95,0          | 18,3           |
| 2013 | 1.115.704   | 534.701,0    | 479,2         | 93.701,4     | 84,0          | 17,5           |
| 2014 | 1.116.917   | 512.837,4    | 459,2         | 85.903,1     | 76,9          | 16,8           |

**Tabella 1** – Produzione e raccolta differenziata degli RU della provincia di Catania, anni 2010-2014



**Fig. 2** – Percentuali di raccolta differenziata della provincia di Catania anni 2010-2014

La maggior parte dei rifiuti differenziati vengono dai piccoli paesi della Provincia di Catania, nei quali in pochi anni si è sviluppata la realtà della raccolta differenziata porta a porta, eliminando le isole ecologiche ed i cassonetti indifferenziati. Questo metodo di raccolta dei rifiuti si è rivelato molto efficace nelle piccole realtà, così la Provincia di Catania ha deciso di intraprendere questa politica di gestione ambientale nei diversi comuni. Quindi nella città

di Catania, a partire dalla fine del 2015, in una piccola zona limitata della metropoli per poi estendersi poco alla volta in tutto il Comune è stata implementata questa politica proattiva atta a sensibilizzare maggiormente la partecipazione del cittadino alla raccolta dei rifiuti.

#### 4. Questionario sulla Citizen Satisfaction

Per comprendere la reazione dei cittadini a questo nuovo approccio, è stato creato un apposito questionario sulla soddisfazione degli stessi; esso è stato distribuito ad un campione di cittadini residenti a Catania. In tabella e vengono riportati i risultati:

| <b>Raccolta differenziata porta a porta dei Rifiuti Solidi Urbani e Organici</b>           | <b>Moltissimo</b> | <b>Abbastanza</b> | <b>Poco</b> | <b>Per niente</b> |
|--|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|
| È soddisfatto del servizio di raccolta dei rifiuti nella sua municipalità?                 | 6,6%              | 32,6%             | 39,1%       | 21,7%             |
| È soddisfatto del servizio di trasporto e smaltimento dei rifiuti nel suo comune?          | 0%                | 34,8%             | 50%         | 15,2%             |
| È soddisfatto degli orari e dei giorni stabiliti per la raccolta dei rifiuti?              | 6,5%              | 34,8%             | 41,3%       | 17,4%             |
| È soddisfatto della distribuzione dei sacchetti di plastica e dei contenitori forniti?     | 4,3%              | 19,6%             | 28,3%       | 47,8%             |
| È soddisfatto dell'informazione e della formazione ricevuta per la raccolta porta a porta? | 2,2%              | 21,7%             | 32,6%       | 43,5%             |
| È soddisfatto di questo nuovo approccio alla gestione ambientale promossa dal comune?      | 23,9%             | 39,1%             | 15,2%       | 21,7%             |
| È soddisfatto del controllo della differenziazione dei rifiuti?                            | 10,9%             | 21,7%             | 28,3%       | 39,1%             |
| È soddisfatto dalla tariffa del servizio reso? (tassa sui rifiuti)                         | 0%                | 15,2%             | 41,3%       | 43,5%             |
| È soddisfatto dei metodi di raccolta dei rifiuti ingombranti nella sua città?              | 6,5%              | 23,9%             | 34,8%       | 34,8%             |
| Conosce la collaborazione delle isole ecologiche nel suo territorio?                       | 6,5%              | 17,4%             | 23,9%       | 52,2%             |

**Tab. 2 – Citizen satisfaction survey**

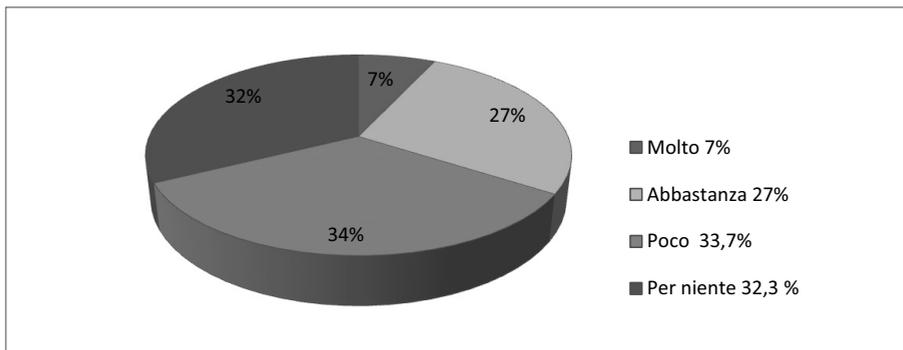
#### 5. Commenti conclusivi

Dai risultati del questionario risulta che la gente accoglie positivamente questo nuovo approccio alla gestione dei rifiuti, ma nonostante ciò vi sono forti problemi di gestione della raccolta.

Innanzitutto il grado di informazione e di formazione è molto scarso, molte persone (circa l'80%) non conoscono la corretta differenziazione dei rifiuti e non è incentivata alla corretta esecuzione a causa del carente controllo effettuato dalla municipalità.

Inoltre, la distribuzione del materiale adatto alla differenziazione dei rifiuti è carente (70% circa), così come il trasporto (65% circa) di essi suscitando nel cittadino disagio, malcontento e scarsa motivazione a perseguire questa politica anche perché di fronte allo smaltimento di rifiuti ingombranti la gestione è ancora più scarsa spingendo il cittadino a gettare i rifiuti in strada, anche perché i evince dal questionario che molti non conoscono dove possono essere correttamente smaltiti (70% circa). Oltretutto il cittadino (85% circa) ritiene che la tassa sui rifiuti non sia adeguata al servizio reso.

Raccogliendo in un unico grafico in Fig.2 a torta i risultati generali sulla soddisfazione del cittadino si vede appunto come le risposte negative sono nettamente superiori a quelle positive:



**Fig. 2 –** *Soddisfazione generale del cittadino*

Il questionario è un esempio per descrivere la situazione riguardante varie tematiche ambientali e potrebbe essere utilizzato anche in altre municipalità.

Questo esperimento di portare la raccolta differenziata all'interno della metropoli è un progetto ambizioso ben voluto dal cittadino che ritiene sia una buona tecnica di gestione ma non sta portando i risultati sperati, probabilmente a causa della scarsa sensibilizzazione del comune a diffondere questa politica e questa nuova mentalità di economia circolare. Per attuare una politica proattiva verso strumenti di economia circolare è fondamentale sensibilizzare il cittadino sia a livello municipale che nazionale, attraverso nuovi metodi di comunicazione e puntando alla sensibilizzazione delle future generazioni per garantire una migliore qualità della vita del cittadino.

## **Bibliografia**

[1] <http://www.product-life.org/en/cradle-to-cradle>

[2] A. MacArthur Foundation, definizione di economia circolare <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy>

[3] Pacchetto sull'economia circolare: domande e risposte [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-15-6204\\_it.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_it.htm)

[4] Gestione integrata dei rifiuti [https://www.cliclavoro.gov.it/Progetti/Green\\_Jobs/Documents/Gestione%20Rifiuti\\_Scheda%2001.pdf](https://www.cliclavoro.gov.it/Progetti/Green_Jobs/Documents/Gestione%20Rifiuti_Scheda%2001.pdf)

[5] <http://www.parlamento.it/parlam/leggi/deleghe/06152dl6.htm>

[6] Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96

[7] Dato istat <http://demo.istat.it/bilmens2016gen/index.html>

[8] Sistema di trasmissione dati rifiuti <http://80.19.211.19:7000/servizio5dar/>

# La marcatura CE degli aggregati C&D verso l'obiettivo europeo del 70% di riciclaggio entro il 2020

*Alessandro Corradini\**, [alessandro.corrad@gmail.com](mailto:alessandro.corrad@gmail.com)

*Gianluca Cerni\**, *Luca Chiatti\**,  
*Moreno Marionni\*\**, *Walter Rossi\*\**

*\*Università degli Studi di Perugia, Perugia*

*\*\*Valle Umbra Servizi, Spoleto*

## Riassunto

*In un'ottica di salvaguardia ambientale e di riduzione dei costi d'investimento le direttive europee ed italiane incoraggiano il riutilizzo di macerie provenienti da attività di costruzione e demolizione (C&D), fissando per ognuno degli Stati membri l'obiettivo del 70% di riciclaggio da raggiungere entro il 2020. In questa sperimentazione gli aggregati C&D sono stati oggetto di un'ampia campagna di prove finalizzata alla marcatura CE del materiale. Nel caso specifico è stata monitorata per diversi mesi la produzione di inerti in uscita dall'impianto di trattamento di Casone (Foligno-PG), mettendo così a punto una vasta banca-dati il cui studio ha permesso di evidenziare limiti e potenzialità del materiale. Reperendo poi i limiti di accettabilità sia dalla Circolare n.5205/2005 che dalla più recente UNI 11531-1:2014, è stata condotta un'analisi delle possibili destinazioni d'uso degli inerti, alla luce della quale è emersa la possibilità di utilizzo per diverse applicazioni nel campo dell'ingegneria civile.*

## Summary

*In the light of environmental preservation and the possibility of reducing investment costs, EU directives and Italian laws encourage the reuse of construction and demolition waste (C & D), setting the target of 70% of recycling for each EU State by 2020. In this experimentation, a wide series of tests were undertaken in order to assign CE marking to C&D aggregates. Specifically, aggregate production carried out at the treatment plant in Casone (Foligno, PG-Italy) was monitored for several months, allowing a vast database analysis that highlighted the limits and potential of the material. In conclusion, with reference to the acceptance limits defined in both Circular n.5205/2005 and the most recent UNI 11531-1:2014, the possible end-use destination of C&D was evaluated, concluding that the material is suitable for many applications in the field of civil engineering.*

## 1. Introduzione

Negli ultimi anni una crescente sensibilità ambientale e la possibilità di ridurre i costi d'investimento hanno stimolato un interesse sempre più ragguardevole nella ricerca di materiali alternativi da poter utilizzare in molti campi dell'ingegneria civile, quali quello delle strutture e delle strade [1]. In quest'ottica si colloca l'utilizzo di residui derivabili dall'attività di costruzione e demolizione (C&D) di edifici e infrastrutture, la cui gestione mirata garantisce la ridu-

zione dei flussi di materiale da confinare in discarica e dello sfruttamento delle cave naturali. I rifiuti C&D rappresentano infatti una cospicua parte dell'ammontare complessivo dei rifiuti, con una produzione annua a livello europeo che nel 2012 si attestava oltre gli 800 milioni di tonnellate e che solo in Italia risultava pari a 57,4 milioni di tonnellate [2]. Con lo scopo di ridurre l'impatto di un tale quantitativo di materiale, la nuova Direttiva Quadro sui Rifiuti [3] ha fissato il 70% quale obiettivo da perseguire in termini di percentuale di rifiuti inerti da recuperare entro il 2020. Un obiettivo così ambizioso risulta perseguibile su larga scala attraverso una valorizzazione dell'inerte che promuova la concezione del C&D come risorsa piuttosto che come problema da risolvere[4-6]. Lo scetticismo nell'utilizzo dei C&D quali aggregati è ad oggi piuttosto radicato, nonostante in Italia le Norme legislative [7] già impongano agli Enti pubblici che operano nel settore delle costruzioni civili di coprire almeno il 30% del fabbisogno annuale con inerti di questo tipo. Una spinta verso l'utilizzo degli inerti riciclati giunge anche dalla comunità scientifica, dove sono ormai molteplici gli studi che mostrano ad esempio come in campo stradale i C&D possano rappresentare una valida alternativa ai tradizionali inerti di cava [8]. Per superare gli ostacoli interposti al loro impiego, la convenienza del prezzo rispetto all'aggregato di cava ed una buona qualità del prodotto rappresentano due importanti fattori di spinta [9][10]. Proprio al fine di certificare le proprietà del materiale e favorirne il commercio, i C&D devono essere soggetti alla marcatura CE, la quale rappresenta una sorta di "passaporto" che permette ad una merce di muoversi liberamente entro le frontiere dell'Unione senza che gli Stati membri possano porre restrizione alcuna alla circolazione, concorrendo a formare un mercato europeo in regime di libera concorrenza.

## **2. Obiettivi e Programma Sperimentale**

La sperimentazione in esame è stata incentrata sull'analisi degli aggregati riciclati C&D ai fini della marcatura CE del materiale in accordo al riferimento normativo in materia, rappresentato dalla UNI EN 13242 [11], ed in relazione alle proprietà geometriche, fisiche, meccaniche e di durabilità del materiale. In particolare è stata monitorata la produzione dell'impianto di trattamento di Casone-Foligno (PG), gestito dalla Valle Umbra Servizi S.p.a., tra il 2015 ed il 2016, conducendo poi la caratterizzazione del materiale presso il laboratorio VIARIA del Dipartimento di Ingegneria civile e Ambientale di Perugia. Sebbene nell'impianto vengano prodotti aggregati con diverse pezzature, l'analisi condotta si è incentrata principalmente sulla frazione 0-40 (denominazione commerciale): è questa infatti la frazione in uscita che risulta quantitativamente preponderante, nonché quella con maggiore richiesta sul mercato. Da un punto di vista operativo sono stati monitorati, tramite opportuni campionamenti, circa 20000 m<sup>3</sup> di materiale, restituendo una mole di dati tale da fornire indicazioni attendibili sulle caratteristiche globali dei C&D analizzati. Tenendo poi in considerazione che la UNI 13242 non fornisce valori ammissibili relativamente a ciascuna proprietà, l'obiettivo principale dell'analisi condotta è stato quello di valutare le possibili destinazioni d'uso degli inerti C&D assumendo come riferimento sia i requisiti prestazionali della Circolare del Ministero dell'Ambiente n. 5205 del 15/07/2005 [12], che quelli più recenti forniti nella norma UNI EN 11531-1:2014 [13]. Tali direttive rappresentano ad oggi un importante riferimento per la redazione dei capitolati d'appalto e le contrattazioni (rapporti tra cliente, committente e fornitore) relativi alle opere realizzate con materiali granulari. Va infine sottolineato che l'iter per l'apposizione del marchio CE è ad oggi lo stesso per ogni tipologia di inerte e pertanto si sono volute sottolineare alcune criticità emerse nell'applicazione di tali procedure agli aggregati riciclati.

Il programma sperimentale ha contato sullo svolgimento di una serie di prove previste per la marcatura CE del materiale: la prima sessione di test ha fornito la caratterizzazione iniziale del materiale (prove iniziali di tipo), mentre le ripetizioni successive hanno rappresentato lo strumento di controllo della produzione in impianto. Al fine di evitare disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti, il C&D va caratterizzato per lotti. Questi possono

rappresentare la produzione di un determinato periodo di tempo (settimanale, mensile, ecc.) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000m<sup>3</sup>. La UNI 13242 fornisce delle frequenze temporali minime di prova, differenti a seconda delle proprietà da testare, ma per fronteggiare una produzione non sempre omogenea si è preferito caratterizzare il materiale, in accordo alle direttive prestazionali già citate, assumendo per i lotti proprio il limite volumetrico massimo (3000m<sup>3</sup>). Tuttavia alcuni interventi all'impianto in fase di produzione hanno sporadicamente indotto frequenze di controllo più intense, limitando la dimensione dei cumuli ai 1500m<sup>3</sup>.

Per quanto concerne invece le possibili categorie di utilizzo, la Circolare 5205 e la UNI 11531 forniscono 5 categorie d'impiego comuni ovvero: all'interno del corpo dei rilevati, nei sottofondi, in strati di fondazione, come colmate e rinterri, in strati accessori aventi funzione anticapillare. La norma UNI prevede inoltre l'impiego dei C&D in strati di base non legati, mentre la Circolare cita la possibilità di utilizzo per il confezionamento di calcestruzzi a bassa resistenza, anche se a tal proposito non vengono indicati limiti prestazionali specifici.

### 3 Risultati Sperimentali

Il primo step per lo studio prestazionale del materiale ha previsto la sua caratterizzazione granulometrica, in accordo alla Norma UNI EN 933-1. Sulla base della curva granulometrica è stato associato all'aggregato prodotto in impianto un intervallo dimensionale d/D (dove d =

| Proprietà                            | Lotti Analizzati |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                      | 1                | 2                | 3                | 4A               | 4B               | 5A               | 5B               | 6A               | 6B               |
| Granulometria                        | G <sub>A</sub>   |
| Designazione d/D [mm]                | 0-31.5           | 0-31.5           | 0-31.5           | 0-31.5           | 0-31.5           | 0-31.5           | 0-31.5           | 0-31.5           | 0-31.5           |
| Percentuale dei fini (< 0.063mm) [%] | 14.3             | 15.6             | 13               | 15.5             | 16.8             | 16.3             | 13.8             | 10.8             | 11.9             |
| Passante 4 mm [%]                    | 43.8             | 39.6             | 37.4             | 47.2             | 49.8             | 50.7             | 37.4             | 34.8             | 41.1             |
| Passante 63 mm [%]                   | 100              | 100              | 100              | 100              | 97.4             | 97.9             | 100              | 100              | 100              |
| D <sub>max</sub>                     | 40               | 40               | 31.5             | 40               | 63               | 63               | 40               | 40               | 40               |
| Sopravaglio                          | 0C <sub>90</sub> |
| Rc * [%]                             | 24.9             | 18.0             | 30.8             | 22.1             |                  | 27.9             |                  | 24.5             |                  |
| Ru * [%]                             | 48.4             | 53.7             | 44.7             | 57.4             |                  | 45.9             |                  | 45.8             |                  |
| Rb * [%]                             | 24.9             | 21.8             | 21.3             | 17.9             |                  | 24.7             |                  | 28.4             |                  |
| Rg (vetro) [%]                       | 0.09             | 0.1              | 0.2              | 0.7              |                  | 0.0              |                  | 0.0              |                  |
| Ra (mat.bituminosi) [%]              | 2.51             | 1.8              | 2.2              | 1.3              |                  | 1.1              |                  | 0.4              |                  |
| X * [%]                              | 0.04             | 4.5**            | 0.7              | 0.6              |                  | 0.4              |                  | 0.6              |                  |
| F <sub>L</sub> [cm <sup>3</sup> /kg] | 0.1              | 0.1              | 0.2              | 0.1              |                  | 0.1              |                  | 0.3              |                  |
| Equivalente in sabbia                | 30               | 25               | 29               | 21               | 27               | 23               | 27               | 28               | 31               |
| Blu di metilene                      | 7.3              | 9.3              | 8.5              | 8.8              | 7.8              | 8.0              | 7.3              | 6.5              | 6.3              |
| Indice di appiattimento              | 27               | 16               | 20               | 19               |                  | 24               |                  | 22               |                  |
| Indice di forma                      | 33               | 16               | 27               | 26               |                  | 26               |                  | 24               |                  |
| LA [%]                               | 39               | 33               | 37               | 38               |                  | 39               |                  | 39               |                  |
| Ind. di plasticità                   | n.d.             | n.d.             | n.d.             | n.d.             |                  | n.d.             |                  | n.d.             |                  |

Note: \*Rc = calcestruzzo, prodotti in calcestruzzo, malta, muratura in calcestruzzo; Ru = aggregato non legato, pietra naturale, aggregato legato idraulicamente; Rb = elementi di muratura di argilla e di silicato di calcio, calcestruzzo aerato non flottante; X = altri materiali: terra e argilla coesiva, metalli, plastica gomma, legno non flottante; F<sub>L</sub> = materiali galleggianti  
 \*\* Il dato in questione risulta chiaramente fuori trend se confrontato con quello degli altri lotti ed improprio ad una presenza anomala di metalli. Per non inficiare l'analisi globale, tale dato non è stato preso in considerazione nella valutazione successiva dei dati medi.  
 n.d.= non determinabile

Tab. 1 – Sintesi dei risultati ottenuti

diametro minimo dei grani e D = diametro massimo dei grani) e gli è stata anche attribuita una categoria "G" che fornisce un'indicazione sul trattenuto al diametro D e sul passante al diametro d. Dai risultati dell'analisi granulometrica si differenziano l'aggregato grosso (d<sub>1</sub> e D>2), l'aggregato fine (d=0 e D1) e quello in frazione unica (d=0 e D1). Tale classificazione è di fondamentale importanza

poiché la UNI 13242 specifica i test da effettuare sull'aggregato proprio in virtù di tale caratterizzazione. Nel caso specifico, l'aggregato oggetto di studio si è rivelato un inerte in frazione unica e come tale ha richiesto la determinazione per ognuno dei 9 lotti della distribuzione granulometrica, contenuto dei fini, qualità dei fini, massa volumica e assorbimento d'acqua (le ultime due proprietà non sono state introdotte nell'analisi poiché non regolate nelle specifiche prestazionali). Vi sono poi alcuni test da svolgere con cadenza annuale (ad esempio la resistenza ai cicli di gelo e disgelo), ma avendo monitorato la produzione in impianto per circa un anno, tali prove hanno richiesto un'unica ripetizione e diventano pertanto meno significative in un'analisi globale come quella qui sviluppata. Va inoltre sottolineato che sebbene non previste ai fini della marcatura CE, proprio per caratterizzare al meglio le proprietà del materiale anche in virtù delle richieste dei capitolati prestazionali, sull'aggregato in questione, esclusivamente ogni 3000 m<sup>3</sup> di materiale, sono stati determinati anche il coefficiente Los Angeles per la valutazione della resistenza alla frammentazione, l'indice di forma, l'indice di appiattimento, l'indice di plasticità e la classificazione delle componenti. I risultati ottenuti per i diversi lotti sono sintetizzati in Tabella 1. L'esecuzione dei test è avvenuta mediante l'impiego delle indicazioni riportate nelle norme UNI di riferimento, al cui interno le procedure di prova sono generalmente standardizzate per tutte le tipologie di aggregati. La natura degli inerti C&D ha tuttavia evidenziato alcune singolarità che hanno richiesto una particolare attenzione al caso specifico nel corso degli iter procedurali. Dalla prova per lo studio della distribuzione granulometrica si è ad esempio notato come la setacciatura per via umida sia assolutamente da preferire per evitare che le frazioni più fini del materiale, a causa l'elevata porosità dello stesso, restino ancorate alle particelle più grosse, alterando i risultati complessivi. Il test per la determinazione della qualità dei fini con blu di metilene ha invece evidenziato come gli step previsti in termini di tempo e quantità di sospensione colorante richiesta, siano notevoli e tali da rendere la prova lenta e laboriosa. Il C&D si presenta infatti come un materiale ben più poroso e con elevato contenuto di fini se confrontato per esempio con gli inerti di cava. Per tale ragione sarebbe auspicabile un iter di prova specifico in termini di tempistiche, di dosi di colorante e di quantità di inerte da utilizzare.

#### **4. Analisi prestazionale dei C&D**

Sulla base dei risultati ottenuti sui nove lotti a disposizione, si è dunque proceduto ad una valutazione delle prestazioni del materiale prendendo in primo luogo in considerazione la Circolare Ministeriale 5205:2005. Tale documento, seppur non recentissimo, rappresenta ad oggi il riferimento più diffuso per i capitolati d'appalto e le contrattazioni. Al fine di favorire un'analisi globale delle prestazioni dei C&D analizzati, si è ritenuto opportuno ragionare sulle proprietà medie del materiale, anche per far fronte ad una variabilità dei dati piuttosto ricorrente quando si ha a che fare con inerti riciclati a seguito della loro eterogeneità intrinseca. In Tabella 2 sono stati pertanto riportati i valori medi e deviazioni standard per ciascuna proprietà, assieme ai limiti imposti per ciascuna delle destinazioni d'uso previste dalla circolare. Al fine di facilitare una valutazione globale, i limiti in Tabella 2 sono mostrati nella formattazione standard se soddisfatti, in corsivo o grassetto se differenti di una quantità confrontabile o superiore della deviazione standard. L'analisi condotta ha evidenziato l'idoneità dei C&D per diverse destinazioni d'uso. I limiti di accettabilità per l'utilizzo nel corpo dei rilevati, in riempimenti o colmate e come strati accessori (anticapillare) sono completamente rispettati. È bene sottolineare come un controllo accurato della produzione dei fini in impianto sia di primaria importanza alla luce delle bassi percentuali di accettabilità e della tendenza del materiale a sfaldarsi. I risultati mostrano poi come l'utilizzo nei sottofondi possa comunque essere preso in considerazione, a seconda dell'applicazione di volta in volta in esame, alla luce di un equivalente in sabbia che, seppur non soddisfatto, differisce dal limite previsto di una quantità analoga alla deviazione standard. Per l'utilizzo negli strati di fondazione invece, i limiti ancor più restrit-

| Proprietà                                    | Risultati Medi | Deviazione standard | Circolare Ministeriale 5205:2005 |                     |                      |                          |                       |
|--|----------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
|  |                |                     | Corpo rilevato                   | Sottofondi Stradali | Strati di fondazione | Riempimenti colmate, ... | Strato anticappillare |
| Passante 0.063mm [%]                         | 14.2           | 2.0                 | ≤ 15                             | ≤ 15                | ≤ 10                 | ≤ 15                     | -                     |
| Passante 0.5 mm [%]                          | 23.7           | 4.3                 | -                                | -                   | 10+20                | -                        | -                     |
| Rapporto tra i passanti a 0.5 e a 0.063 mm   | 1.66           | 0.13                | -                                | > 3/2               | > 3/2                | -                        | -                     |
| Passante 1 mm [%]                            | 28.2           | 4.3                 | -                                | -                   | 13+30                | -                        | -                     |
| Passante 2 mm [%]                            | 35.7           | 5.3                 | -                                | -                   | 22+36                | -                        | -                     |
| Passante 4 mm [%]                            | 42.4           | 5.8                 | ≤ 60                             | ≤ 60                | 31+49                | -                        | -                     |
| Passante 10 mm [%]                           | 58.3           | 5.9                 | -                                | -                   | 41+64                | -                        | -                     |
| Passante 20 mm [%]                           | 76.0           | 6.4                 | -                                | -                   | 61+79                | -                        | -                     |
| Passante 40 mm [%]                           | 97.0           | 2.7                 | -                                | -                   | 100                  | -                        | -                     |
| Passante 63 mm [%]                           | 99.5           | 1.0                 | 85+100                           | 100                 | -                    | 85+100                   | -                     |
| D <sub>max</sub>                             | 44.2           | 11.0                | 125                              | -                   | -                    | -                        | -                     |
| Rc+Ru+Rb * [%]                               | 97.18          | 1.94                | > 70                             | > 80                | > 90                 | > 70                     | > 80                  |
| Rg [%]                                       | 0.18           | 0.27                | ≤ 15                             | ≤ 10                | ≤ 5                  | ≤ 15                     | ≤ 10                  |
| Ra [%]                                       | 1.42           | 0.63                | ≤ 25                             | ≤ 15                | ≤ 5                  | ≤ 25                     | ≤ 15                  |
| Mat. deperibili ** + Altri materiali *** [%] | 0.46           | 0.27                | ≤ 0.7                            | ≤ 0.5               | ≤ 0.5                | ≤ 0.7                    | ≤ 0.5                 |
| Equivalente in sabbia                        | 26.8           | 3.3                 | > 20                             | > 30                | > 30                 | -                        | -                     |
| Indice di appiattimento                      | 21.3           | 3.9                 | -                                | ≤ 35                | ≤ 35                 | -                        | -                     |
| Indice di forma                              | 25.3           | 5.5                 | -                                | ≤ 40                | ≤ 40                 | -                        | -                     |
| LA [%]                                       | 37.5           | 2.3                 | -                                | ≤ 45                | ≤ 35                 | -                        | -                     |

Note: \* Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderie di metalli ferrosi  
\*\*materiali deperibili: carta legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici cavi: corrugati o parti di bottiglie in plastica  
\*\*\*Altri materiali: metalli, gesso, guaine, gomme, lana di roccia o vetro, etc

**Tab. 2 - Caratteristiche prestazionali medie dei C&D e confronto con i requisiti della Circolare Ministeriale n.5205 del 2005**

in termini di frazioni costituenti, le categorie che compaiono nella circolare non corrispondono con quelle della UNI 933-11 [14], assunta come riferimento per la classificazione delle componenti prevista dalla UNI 13242. È stata dunque necessaria la somma dei requisiti di accettabilità per i materiali deperibili ed altri materiali (vedi nota Tabella 2) al fine di confrontarli con quelli del gruppo X della UNI 933-11, il quale può essere assunto con buona approssimazione proprio come la somma dei due.

In maniera analoga a quanto fatto per la Circolare Ministeriale, si è poi proceduto ad un esame delle prestazioni dei C&D alla luce dei criteri forniti dalla nuova UNI 11531 (Tabella 3), i quali risultano però più stringenti rispetto a quelli visti nel caso precedente. Nel complesso si può notare come la miscela presenti valori del blu di metilene sempre al di sopra dei limiti imposti. Tuttavia il fatto che l'equivalente in sabbia risulti in alcuni casi soddisfatto o comunque prossimo ai limiti di accettabilità lascia un velo d'incertezza sulla possibilità che il cospicuo assorbimento di colorante da parte della miscela possa anche essere riconducibile alla spiccata porosità del materiale piuttosto che alla presenza di un fino non idoneo. A tal proposito si sottolinea come l'indice di plasticità sia risultato non determinabile, testimoniando l'assenza di fini plastici come limi e argille. In merito alla qualità dei fini, l'equivalente in sabbia è in particolare risultato conforme agli standard per utilizzo nel corpo dei rilevati mentre vi differisce di poco (per valori dell'ordine della deviazione standard) nel caso di impiego nei sottofondi stradali. Per tali destinazioni d'uso (corpo rilevato e sottofondo) i C&D verificano tutti gli altri requi-

tivi in termini di quantità di fini (<10%) sembrano precludere l'utilizzo della pezzatura in esame. In aggiunta anche la qualità dei fini, in termini di equivalente in sabbia, ed il coefficiente Los Angeles non rispettano le prescrizioni, seppur tali deviazioni siano in questo caso ridotte e paragonabili nuovamente al valore della deviazione standard. Va sottolineato che per quanto concerne i limiti imposti dalla circolare

| Proprietà                | Risultati Medi   | Deviazione standard | UNI EN 11531:2014 |                     |                      |                          |                                |                  |
|--------------------------|------------------|---------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------|
|                          |                  |                     | Corpo rilevato    | Sottofondi Stradali | Strati di fondazione | Riempimenti colmate, ... | Strato anticapillare           | Strati di base   |
| Granulometria            | G <sub>A</sub>   | /                   | G <sub>N</sub>    | G <sub>U</sub>      | G <sub>A</sub>       | G <sub>N</sub>           | <b>G<sub>e</sub><br/>85/15</b> | G <sub>A</sub>   |
| Designazione d/D[mm]     | 0/31.5           | /                   | 0/63              | 0/31.5              | 0/31.5               | 0/63                     | 2/31.5                         | 0/31.5           |
| Passante 0.063mm [%]     | 14.2             | 2.0                 | ≤ 35              | ≤ 15                | ≤ <b>9</b>           | -                        | ≤ <b>3</b>                     | ≤ <b>9</b>       |
| Sopravaglio              | OC <sub>85</sub> | /                   | OC <sub>65</sub>  | OC <sub>75</sub>    | OC <sub>75</sub>     | OC <sub>75</sub>         | -                              | OC <sub>65</sub> |
| Rcug (Rc+Ru+Rg) [%]      | 74.2             | 3.5                 | ≥ 50              | ≥ 70                | ≥ <b>90</b>          | ≥ 50                     | ≥ 70                           | ≥ <b>90</b>      |
| F <sub>L</sub> [%]       | 0.15             | 0.1                 | ≤ 10              | ≤ 5                 | ≤ 5                  | ≤ 10                     | ≤ 5                            | ≤ 5              |
| X [%]                    | 0.46             | 0.28                | ≤ 1               | ≤ 1                 | ≤ 1                  | ≤ 1                      | ≤ 1                            | ≤ 1              |
| R <sub>g</sub> [%]       | 0.18             | 0.27                | ≤ 5               | ≤ 5                 | ≤ 5                  | -                        | ≤ 5                            | ≤ 5              |
| R <sub>a</sub> [%]       | 1.42             | 0.63                | ≤ 30              | ≤ 10                | ≤ 5                  | -                        | ≤ 30                           | ≤ <b>1</b>       |
| Equiv. in sabbia SE      | 26.8             | 3.3                 | ≥ 20              | ≥ 30                | ≥ 30                 | -                        | ≥ <b>70</b>                    | ≥ <b>50</b>      |
| Blu di metilene          | 7.75             | 1.0                 | ≤ <b>5</b>        | ≤ <b>5</b>          | ≤ <b>2</b>           | -                        | -                              | ≤ <b>1.5</b>     |
| Ind. di appiattimento FI | 21.3             | 3.9                 | ≤ 50              | ≤ 35                | ≤ 35                 | -                        | ≤ 35                           | ≤ 35             |
| LA [%]                   | 37.5             | 2.3                 | ≤ 50              | ≤ 45                | ≤ <b>30</b>          | -                        | ≤ 40                           | ≤ <b>30</b>      |

**Tab. 3.** – *Caratteristiche prestazionali medie dei C&D e confronto con i requisiti della UNI EN 11531:2014*

pezzatura in esame viene precluso a seguito degli stringenti standard richiesti in termini di percentuali di fini, in particolar modo per utilizzo negli strati anticapillari. In aggiunta sia dal punto di vista della resistenza alla frammentazione (L.A.=37.5>30) che da quello della composizione (R<sub>cug</sub>=74.2 < 90), l'impiego negli strati anticapillari, di fondazione e di base è nel complesso non consigliabile.

## 5. Conclusioni

Alla luce dell'obiettivo fissato dall'UE del 70% di riciclaggio da raggiungere entro il 2020, il recupero di macerie C&D, rappresentanti un'ampia fetta dell'ammontare complessivo dei rifiuti, diviene un aspetto di importanza cruciale. In questa sperimentazione è stata monitorata la produzione nell'impianto di Casone (Foligno, PG) di circa 20000 m<sup>3</sup> di aggregati C&D, campionati per lotti e resi oggetto di test sperimentali volti alla marcatura CE del materiale, in accordo alla UNI EN 13242. Al fine di procedere poi ad un'analisi prestazionale degli inerti, tali prove sono state integrate con altri test di laboratorio tipicamente richiesti nei capitolati d'appalto. La mole di dati ottenuti ha quindi rappresentato la base per valutare le possibili destinazioni d'uso del materiale, reperendo le categorie di utilizzo ed i relativi limiti di accettazione sia dalla Circolare Ministeriale 5205 del 2005 che dalla nuova Norma UNI EN 11531 del 2014. In relazione alle proprietà geometriche, fisiche, meccaniche e di durabilità del materiale investigate nel laboratorio VIARIA, l'analisi globale in termini di prestazioni medie del materiale ha permesso di affermare che:

- i materiali C&D risultano idonei per l'utilizzo nel corpo dei rilevati e come riempimenti o colmate, soddisfacendo i requisiti di accettazione di entrambe le specifiche prestazionali, ad eccezione fatta per il valore del blu di metilene, che secondo la norma UNI 11531 nel corpo dei rilevati va limitato a 5 contro i 7.75 mediamente riscontrati. Tuttavia, i valori idonei dell'equivalente in sabbia lasciano un velo d'incertezza sulla possibilità che tale comportamento sia imputabile alla tendenza del C&D all'assorbimento a causa della sua elevata porosità piuttosto che alla presenza di fini non idonei, circostanza testimoniata dalla non plasticità del materiale;

siti prestazionali e risultano pertanto una soluzione progettuale da poter quantomeno prendere in considerazione per l'applicazione specifica. Stessa cosa per l'impiego in riempimenti e colmate, dove tutti gli standard sono soddisfatti. Negli altri casi, oltre ai parametri già citati, l'utilizzo della

- l'impiego dei C&D nei sottofondi potrebbe essere preso in considerazione, in relazione alla specifica applicazione, alla luce di requisiti prestazionali quasi interamente soddisfatti. I parametri non verificati riguardano la qualità dei fini, sia in termini di valori di blu di metilene che di equivalente in sabbia, seppur per quest'ultimo parametro il valor medio ottenuto (26.8) differisca dai limiti degli standard (30 in ambo i casi) di una quantità analoga alla deviazione standard riscontrata;
- l'utilizzo in strati accessori come quello anticapillare sembrerebbe possibile in accordo ai dettami della circolare, mentre per la norma UNI il materiale nella pezzatura esaminata non risulta idoneo. La stessa norma richiede infatti l'utilizzo di un aggregato grosso e pertanto sarebbe auspicabile un'estensione dell'analisi a pezzature diverse da quella esaminata.
- i C&D nella pezzatura esaminata sono risultati non idonei per l'utilizzo negli strati di fondazione ed in quelli di base. Le limitazioni sono principalmente legate alla qualità dei fini e ad aspetti granulometrici. Quest'ultima caratterizzazione è però dipendente dalla selezione granulometrica realizzata in impianto che potrebbe quindi essere modificata ad hoc per tali destinazioni d'uso.

## Bibliografia

- [1] **RENFROE O.S.** "Building materials from solid wastes", Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, U.S.A., pag. 52-54, 1979
- [2] **ISPRA**, Rapporto Rifiuti Speciali n. 174/2012,
- [3] **M. Marionni, G. Cerni, G. Dionisi, W. Rossi**, "Gestione e valorizzazione dei rifiuti inerti: politiche di sostegno al mercato e innovazione nella Regione Umbria", Ecomondo 2010, Rimini Fiera, 3-6 novembre 2010
- [4] **M. Marionni, G. Dionisi, G. Cerni, W. Rossi**, "L'Umbria e la valorizzazione degli inerti", Recycling, anno 15 - n.2, marzo 2011
- [5] **M. Marionni, G. Cerni**, "Emergency following the 1997 earthquake in the Umbria region (Italy): from problem to opportunity of development", ISWA WORLD SOLID WASTE Congress, Proceedings Volume 1, Florence, settembre 2012
- [6] **European Commission**, 2008. Directive 2008/98/EC on Waste (Waste Framework Directive)
- [7] **Ministero dell'ambiente**. Decreto Ministeriale 8 maggio 2003, n. 203, art. 3.
- [8] **Cerni G., Colagrande S.** "Resilient Modulus of Recycled Aggregates Obtained by Means of Dynamic Tests in a Triaxial Apparatus", Procedia: Social & Behav. Sciences, p.475-484 Vol.53, 2012
- [9] **X. Duran, H. Lenihan, B. O'Regan.** "A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling – the case of Ireland", Resour., Conserv. Recycling, 46 (3), pp. 302–320, 2006
- [10] **V. Tam, C. Tam.** "A review on the viable technology for construction waste recycling", Resour., Conserv. Recycling, 47 (3), pp. 209–221, 2006
- [11] **UNI EN 13242.** "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ing. civile e nella costruzione di strade". European Committee for Standardization; 2008
- [12] **Ministero dell'ambiente**. Circolare n. 5205:2005
- [13] **UNI EN 11531.** "Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture – Criteri per l'impiego dei materiali – Parte 1: terre e miscele di aggregati non legati" European Committee for Standardization, 2014
- [14] **UNI EN 933-11.** Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati Parte 11: Prova di classificazione per i costituenti degli aggregati grossi riciclati", European Committee for Standardization; (2009).

# L'importanza di nutrienti e metalli in tracce nel digestato di impianti di biogas di tipo agricolo

*Mirco Garuti, [m.garuti@crpa.it](mailto:m.garuti@crpa.it), Claudio Fabbri, Sergio Piccinini  
Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA Lab, Sezione Ambiente ed Energia - Reggio Emilia*

## **Riassunto**

*La digestione anaerobica riveste un ruolo centrale nell'economia circolare grazie ai diversificati e positivi impatti sull'ambiente: valorizzazione energetica di sottoprodotti agro-industriali, riduzione di gas serra e recupero di nutrienti in forma di fertilizzanti organici. Il digestato (sottoprodotto originato dalla digestione anaerobica) è utilizzato come fertilizzante naturale in quanto contiene elementi nutritivi per la crescita delle piante. La concentrazione di macroelementi e metalli in tracce va attentamente monitorata sia per l'utilizzo finale sia perché essi sono essenziali per il metabolismo batterico anaerobico e permettono di ottimizzarne il processo biologico.*

## **Summary**

*Anaerobic digestion shows a central role into Circular Economy concept for several positive effects on the environment: conversion of agro-industrial byproducts in renewable energy, reduction in greenhouse gases production and valorization of nutrients as organic fertilizers. Digestate is the effluent from anaerobic digestion process and it is used as natural fertilizer for plants grown for its content in macronutrients and trace elements; their concentration is investigated to evaluate the quality of digestate (end use) and to optimize anaerobic digestion process (trace elements are involved in the bacterial metabolism).*

## **1. Introduzione**

L'economia circolare si definisce tale perché mantiene le materie prime all'interno di un ciclo, cercando di allungare la vita economica della materia in un processo produttivo in cui lo scarto diventa risorsa per realizzare altri beni o servizi [1]. La digestione anaerobica riveste un ruolo centrale in questo contesto, grazie ai diversificati e positivi impatti sull'ambiente: valorizzazione energetica di sottoprodotti agro-industriali, riduzione di gas serra, recupero di nutrienti in forma di fertilizzanti organici.

Il digestato può essere definito come l'effluente del processo di digestione anaerobica; esso è utilizzato come fertilizzante naturale in quanto contiene macroelementi della nutrizione vegetale quali azoto, fosforo e potassio. Con la digestione anaerobica l'azoto è parzialmente mineralizzato in ammonio e questa ripartizione dipende anche dalle biomasse utilizzate nel processo. La separazione solido-liquido del digestato permette di concentrare i solidi totali e la sostanza organica nella frazione solida mentre buona parte degli elementi minerali è mantenuta nella frazione chiarificata. Entrambe le frazioni possono essere usate per fertilizzare terreni e colture vegetali per ridurre l'impiego di fertilizzanti chimici, per riportare sostanza organica nel suolo cercando di ottimizzare i costi di spandimento del digestato. La concentra-

zione di azoto, fosforo e potassio nel digestato sia prima che dopo la separazione solido-liquido è ben studiata [2] mentre non è ancora ben documentata in letteratura la concentrazione di altri mesoelementi ed elementi in tracce nel digestato.

## 2. Materiali e metodi

Nel presente lavoro viene illustrata la concentrazione media di mesoelementi (Ca, Mg, Na, S, Fe), oligoelementi (B, Zn, Mn, Cu), elementi in tracce (Mo, Ni, Co, Se) e altri metalli presenti nel digestato di 40 impianti di biogas di tipo agrozootecnici monitorati da CRPA nel periodo 2013-2015 e suddivisi in base alla tipologia di alimentazione.

La quantificazione totale dei metalli nel digestato è stata effettuata mediante spettroscopia di emissione al plasma (ICP-OES) secondo norma EN ISO 11885:1997.

In base alle biomasse utilizzate, gli impianti di biogas e, di conseguenza, il digestato, sono stati raggruppati in tre categorie:

- effluenti zootecnici (EZ) + colture energetiche (CE) + sottoprodotti agro industriali (SP);
- liquame bovino (LB);
- Colture energetiche (CE) + sottoprodotti agro industriali (SP);

La voce colture energetiche si riferisce principalmente a insilati di cereali (mais, sorgo, triticale e frumento).

## 3. Risultati e discussione

I digestati, oltre che per il loro contenuto in meso e micronutrienti, sono stati caratterizzati anche in termini di solidi totali; la sostanza secca dei digestati di impianti alimentati a effluenti zootecnici (EZ) + colture energetiche (CE) + sottoprodotti agro industriali (SP) è risultata essere mediamente pari a  $79,6 \pm 20,1$  g/kg, quella degli impianti che utilizzano solo liquame bovino è mediamente pari a  $66,6 \pm 8,8$  g/kg mentre quella di impianti di biogas che introducono colture energetiche (CE) + sottoprodotti agro industriali (SP) è risultata mediamente pari a  $84,3 \pm 23,2$  k/kg. I principali risultati del monitoraggio sui mesoelementi sono mostrati in Figura 1 e riepilogati in Tabella 1.

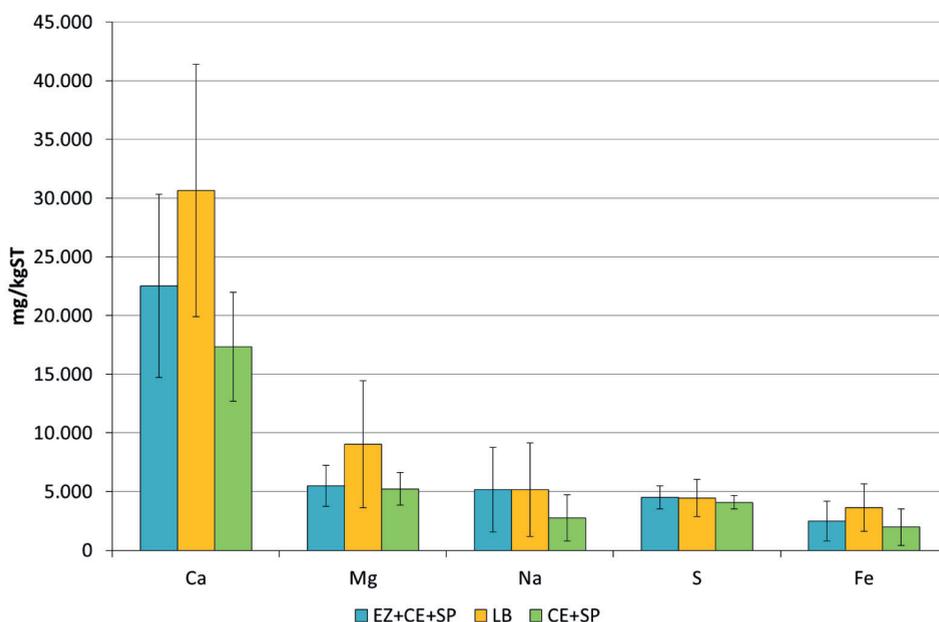


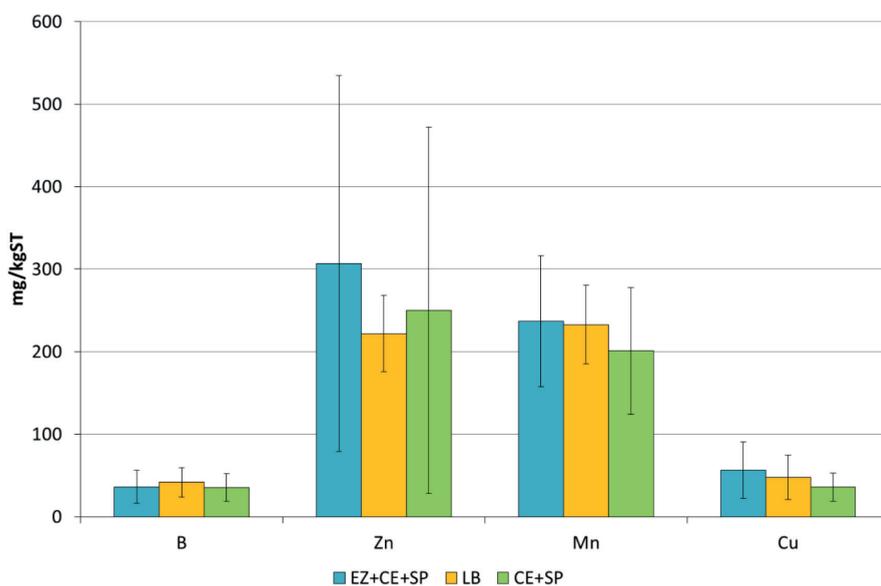
Fig. 1 – Concentrazione di mesoelementi (mg/kgST) nei digestati agro-zootecnici

|          | n  | Ca            | Mg          | Na          | S           | Fe          |
|----------|----|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| EZ+CE+SP | 70 | 22.529±7.787  | 5.498±1.723 | 5.165±3.624 | 4.523±970   | 2.504±1.700 |
| LB       | 6  | 30.650±10.765 | 9.045±5.409 | 5.180±3.993 | 4.478±1.577 | 3.637±2.045 |
| CE+SP    | 31 | 17.329±4.638  | 5.249±1.418 | 2.777±1.957 | 4.093±575   | 1.980±1.553 |

**Tab. 1** – Concentrazione di mesoelementi (mg/kgST) nei digestati agro-zootecnici (media ± deviazione standard; n= numero di campioni).

Digestati di impianti di biogas che utilizzano solo liquame bovino mostrano un contenuto di calcio e magnesio mediamente più elevato rispetto alle altre categorie di tipologie di alimentazione degli impianti; tali differenze però non possono essere considerate significative in quanto rientrano nella variabilità dei dati monitorati.

I principali risultati del monitoraggio su oligoelementi sono mostrati in Figura 2 e presentati in Tabella 2.



**Fig. 2** – Concentrazione di oligoelementi (mg/kgST) nei digestati agro-zootecnici

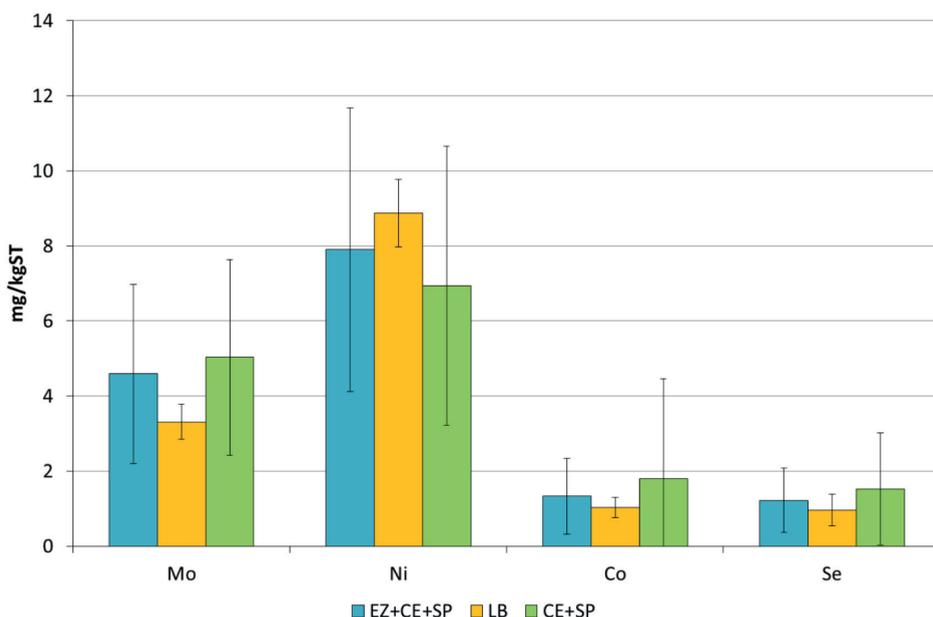
|          | n  | B         | Zn       | Mn     | Cu        |
|----------|----|-----------|----------|--------|-----------|
| EZ+CE+SP | 70 | 36,4±20,2 | 307±228  | 237±79 | 56,5±34,4 |
| LB       | 6  | 41,7±17,9 | 222±46   | 233±48 | 47,9±27,0 |
| CE+SP    | 31 | 35,2±16,6 | 250 ±222 | 201±77 | 35,9±17,2 |

**Tab. 2** – Concentrazione di oligoelementi (mg/kgST) nei digestati agro-zootecnici (media ± deviazione standard).

Anche in questo caso la tipologia di alimentazione dell'impianto non caratterizza in modo univoco la concentrazione degli oligoelementi nel digestato come si può notare dalla variabilità riscontrata. In particolare, il contenuto di zinco nel digestato pare soggetto ad una elevata variabilità che può essere probabilmente ricondotta a fonti diverse: nel caso di impianti che usano effluenti zootecnici è possibile che sia presente in concentrazioni più elevate in presen-

za di liquami suinicoli rispetto a liquami bovini, in quanto lo zinco è comunemente aggiunto nella dieta dei suini.

I principali risultati del monitoraggio degli elementi in tracce sono mostrati in Figura 3 e sintetizzati in Tabella 3.



**Fig. 3** – Concentrazione di elementi in tracce (mg/kgST) nei digestati agro-zootecnici

|          | n  | Mo        | Ni        | Co        | Se        |
|----------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| EZ+CE+SP | 70 | 4,59±2,38 | 7,90±3,78 | 1,33±1,01 | 1,22±0,86 |
| LB       | 6  | 3,31±0,47 | 8,87±0,90 | 1,03±0,28 | 0,96±0,42 |
| CE+SP    | 31 | 5,03±2,60 | 6,94±3,72 | 1,80±2,66 | 1,52±1,49 |

**Tab. 3** – Concentrazione di oligoelementi (mg/kgST) nei digestati agro-zootecnici (media ± deviazione standard).

I metalli in tracce indagati nel presente studio sono caratterizzati da una variabilità tale per cui non è possibile identificare un pattern di riconoscimento univoco sulla base di una determinata tipologia di alimentazione. La concentrazione è però in linea con quelle riscontrate in altri studi su scala reale [3, 4].

Nel presente studio sono state anche monitorate le concentrazioni totali di cadmio e piombo, particolarmente importanti a livello ambientale, in quanto metalli tossici.

La concentrazione di cadmio nei digestati di impianti alimentati a effluenti zootecnici (EZ) + colture energetiche (CE) + sottoprodotti agro industriali (SP) è risultata essere mediamente pari a  $0,27 \pm 0,06$  mg/kgST, quella degli impianti che utilizzano solo liquame bovino è mediamente pari a  $0,20 \pm 0,01$  mg/kgST mentre quella di impianti di biogas che introducono colture energetiche (CE) + sottoprodotti agro industriali (SP) è risultata mediamente pari a  $0,27 \pm 0,05$  mg/kgST. La concentrazione di piombo totale è stata rispettivamente pari a  $1,73 \pm 0,61$  mg/kgST,  $1,47 \pm 0,36$  mg/kgST,  $1,89 \pm 1,16$  mg/kgST per le tre categorie prese in esame.

Le concentrazioni di cadmio e piombo per tutti i campioni analizzati sono risultate inferiori ai limiti imposti dal recente D.M. 25/02/2016.

#### **4. Conclusioni**

Questo studio ha mostrato come sia presente una forte variabilità nella concentrazione di mesoelementi e oligoelementi nel digestato, probabilmente dovuta a molteplici fattori che non riguardano esclusivamente la tipologia di biomasse utilizzate ma anche le condizioni geografiche, la tipologia di approvvigionamento delle stesse e la gestione biologica: la verifica di tali dettagliate correlazioni necessiterà ulteriori approfondimenti. I valori riscontrati confermano la presenza nel digestato di mesoelementi e oligoelementi importanti da un punto di vista agronomico e fondamentali per la crescita delle piante.

Molibdeno, Nichel, Cobalto, Selenio e Ferro sono notoriamente importanti per il metabolismo dei batteri anaerobici dell'impianto di biogas; il mantenimento delle concentrazioni ottimali degli elementi in tracce può essere identificato su ogni impianto con un continuo monitoraggio dei parametri biologici fondamentali e la loro correlazione alla concentrazione di tali elementi.

Lo studio ha anche evidenziato che gli impianti monitorati rispettano i valori imposti dal recente D.M. 25/02/2016.

#### **Bibliografia**

- [1] **Garuti M.** (2015). EFIB2015 - La visione di un socio ANBI. Prometeus Magazine <http://www.prometeusmagazine.org/wordpress/2015/11/24/efib2015-la-visione-di-un-socio-anbi/>
- [2] **Rossi L., Mantovi P.** (2012). Digestato, un utile sottoprodotto per il biogas. Centro Ricerche Produzioni Animali, Reggio Emilia, Italy.
- [3] **Schattauer A., Abdoun E., Weiland P., Plöchl M., Heiermann M.** (2011) Abundance of trace elements in demonstration biogas plants. *Biosyst Eng* 108:57-65.
- [4] **Fabbri C., Garuti M.** (2015). I microelementi sono vitali per la digestione anaerobica. *L'informatore Agrario* 71:61-64.

# I modelli avanzati di gestione rifiuti e tariffa puntuale per controllare il fenomeno dell'abbandono rifiuti e del littering

*Giorgio Ghiringhelli ghiringhelli@arsambiente.it, ARS ambiente Srl, Gallarate*

## **Riassunto**

*Oggi sempre più spesso si sente parlare di abbandono rifiuti e di littering. Le cause della crescente mole di rifiuti abbandonati sono molteplici, nessuna direttamente legata al sistema di raccolta o il sistema di copertura dei costi dei servizi di igiene urbana. A partire dagli anni '90, con lo sviluppo delle raccolte differenziate sono state attivate e sperimentate diverse forme di raccolta, tra le quali il modello che permette le migliori performance in termini di raccolta differenziata e riduzione rifiuti è sicuramente quello domiciliare con raccolta secco-umido ed applicazione di un sistema di tariffazione puntuale. Dove è stato introdotto questo modello di raccolta (nel nostro caso Consorzio Comuni dei Navigli, AREA Spa, Contarina Spa e Consorzio Chierese per i Servizi), gli abbandoni sono in calo nel tempo. L'introduzione della tariffa puntuale permette inoltre di effettuare controlli mirati sulle utenze per ridurre o annullare questo fenomeno.*

## **Summary**

*More and more often we hear about waste abandonment or littering. Each collection model can potentially go together with waste abandonment phenomena, not dependent or uniquely related with it. Since the '90s, with the development of separate waste collection, various types of collection were started and tested; the best performance in terms of recycling and waste reduction is certainly obtained with the model that provides both the door-to-door waste collection with differentiation of dry and wet and the application of a "pay-as-you-throw" pricing system. In the places where this model has been used (for example, in this case Consorzio Comuni dei Navigli, AREA Spa, Contarina Spa e Consorzio Chierese per i Servizi), waste abandonment and littering are falling over time. Furthermore, using pay-as-you-throw pricing system allows to carry out checks or inspections on users to deal with the abandonment phenomenon, minimizing it as more as possible.*

## **1. Introduzione**

Oggi sempre più spesso si sente parlare di abbandono rifiuti o *littering* ovvero dell'inquinamento di strade, piazze, parchi o mezzi di trasporto pubblici causato gettando intenzionalmente o lasciando cadere rifiuti e abbandonandoli. L'abbandono rifiuti compromette la qualità di vita e il senso di sicurezza negli spazi pubblici, genera costi elevati per i servizi di pulizia e nuoce all'immagine delle località.

I rifiuti gettati nell'ambiente, oltre a comportare diversi danni di natura ambientale in senso lato (danno estetico, danno civico, etc.) comportano, per le loro caratteristiche chimiche, biologiche e tossicologiche, danni anche sulla qualità dei suoli o delle acque e in ultima analisi

sulla qualità della vita e sulla salute umana. Ne derivano, a vari livelli, ingenti costi economici diretti e indiretti.

La gestione del *littering* e il risanamento delle discariche abusive comporta costi supplementari rispetto alla normale gestione dei rifiuti urbani e dell'igiene urbana. Il *littering* genera quindi costi supplementari diretti e indiretti, di cui si fanno carico per lo più i Comuni e gli Enti che gestiscono i trasporti [1].

Il problema deve essere affrontato in modo attivo e continuo dalle Amministrazioni preposte, utilizzando un approccio integrato, ovvero operando sia in termini preventivi (mediante lo strumento dell'informazione ed educazione verso i cittadini) che repressivi (tramite l'applicazione delle sanzioni che l'ordinamento prevede), ma anche utilizzando proattivamente i sistemi più avanzati di gestione dei rifiuti.

## 2. Relazione

### 2.1 Motivazione dell'abbandono rifiuti

Le cause della crescente mole di rifiuti abbandonati sono molteplici. Sempre più persone trascorrono la pausa pranzo sul posto di lavoro o di formazione e mangiano per strada. La conseguenza quasi inevitabile di queste nuove abitudini di consumo, abbinate a un'accresciuta utilizzazione degli spazi pubblici, è la presenza di una quantità maggiore di rifiuti abbandonati all'aperto. Un'altra tendenza accentuatasi negli ultimi anni è il boom della diffusione di giornali gratuiti e della pubblicità condominiale, che spesso vengono subito gettati o abbandonati da qualche parte durante il tragitto. Il *littering* dalle automobili che interessa alcuni tratti di strade urbane ed extra urbane è un fenomeno diffuso che comporta l'accumulo di rifiuti in aree difficilmente ripulibili [1].

Negli anni sono stati effettuati diversi studi per identificare le motivazioni dell'abbandono dei rifiuti, soprattutto concentrati sul *littering*, come il lavoro di KAB (Keep America Beautiful) [1] che ha cercato di classificare e sistematizzare gli elementi che influenzano il fenomeno.

Per quanto riguarda invece il vero e proprio abbandono di rifiuti in quantità più significative, è stato effettuato un primo tentativo di studio [2] con un questionario "Rifiuti al loro posto - Provincia di Varese" del 2007 somministrato ai Comuni che ha evidenziato le cause dell'abbandono dei rifiuti ripetuto nel 2012 nell'ambito del progetto "Insubria Pulizia Sconfinata", facente parte del PIT "Modus Riciclandi", finanziato dal programma Interreg Italia-Svizzera 2007-2013, ribadendo di fatto i risultati precedentemente illustrati [3].

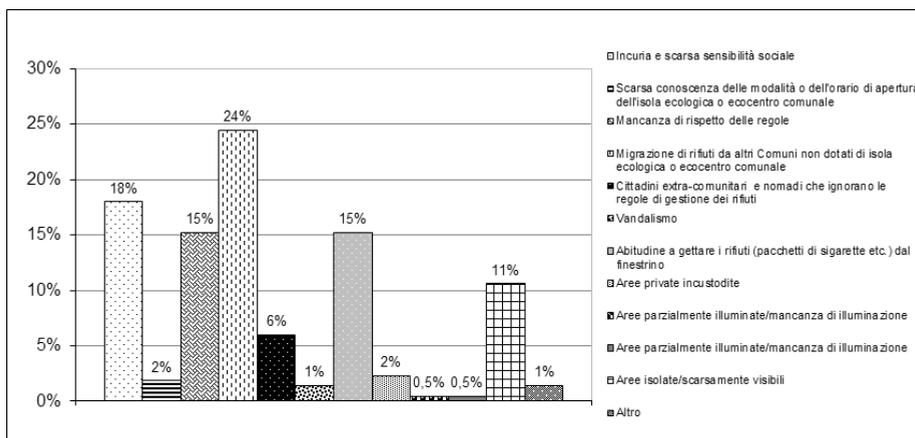


Fig. 1 – Risposte dei Comuni al questionario sui motivi dell'abbandono rifiuti nell'ambito del progetto "Insubria Pulizia Sconfinata" 2012 [1]

Come si può notare in nessuna delle citate indagini emergono elementi che indichino che il sistema di raccolta (stradale oppure a cassonetti stradale) o il sistema di copertura dei costi dei servizi di igiene urbana (tassa o tariffa puntuale, laddove applicata), possano incidere sulla frequenza e le quantità dei rifiuti abbandonati.

Ciò nonostante è consuetudine individuare alcuni “luoghi comuni” che indicano come i sistemi porta a porta, quando vanno a sostituire i sistemi con cassonetti stradali, portino ad un incremento dei rifiuti abbandonati così come l’introduzione di sistemi di tariffazione puntuale, essenzialmente per la mancanza di adesione da parte di alcune utenze.

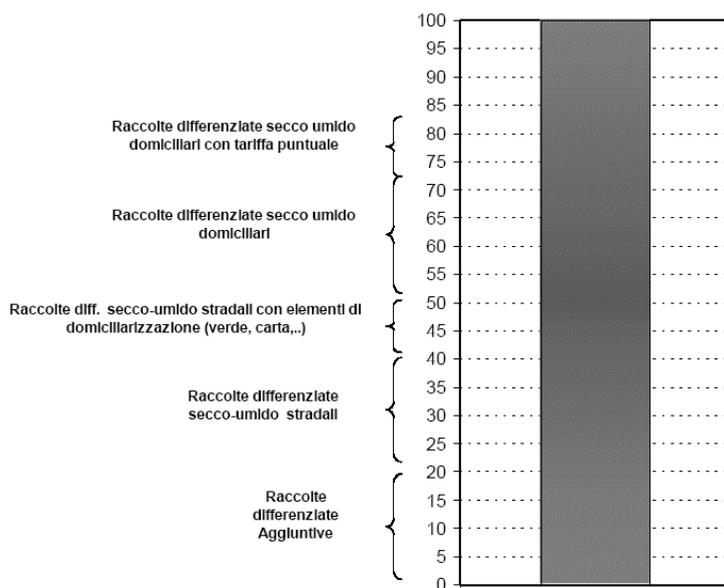
Da un’indagine empirica, esplicitata meglio dalle immagini riportate di seguito, si evince come in realtà ogni modello di raccolta possa potenzialmente essere accompagnato da fenomeni di abbandono rifiuti, non da esso stesso dipendenti o correlati quantomeno univocamente.



**Fig. 2** – Immagini di rifiuti abbandonati in presenza di differenti sistemi di raccolta (partendo da sinistra in senso orario: abbandono nei pressi di cestino stradale, abbandono nei pressi di bidone carrellato condominiale, abbandono di sacchi in un bosco, abbandono vicino a delle campane stradali e abbandono nei pressi di cassonetti stradali).

## 2.2 La raccolta domiciliarizzata e la tariffa puntuale per controllare l’abbandono di rifiuti

A partire dagli anni ’90, con lo sviluppo delle raccolte differenziate sono state attivate e sperimentate diverse forme di raccolta. Le raccolte indifferenziate hanno registrato un’evoluzione in rapporto alle raccolte differenziate, che da raccolte aggiuntive sono diventate in molte situazioni raccolte integrate. Nel grafico seguente sono rappresentate le performance medie attese, espresse come percentuale di raccolta differenziata, per ciascun modello di raccolta.



**Fig. 3** – Performance di raccolta differenziata in base ai modelli gestionali adottati (Fonte W. Giacetti – Sintesi Srl)

Come si vede il modello più performante è sicuramente quello domiciliare con raccolta secco-umido ed applicazione di un sistema di tariffazione puntuale.

La tariffa puntuale (o corrispettiva) consiste in un sistema di quantificazione dei rifiuti prodotti dalla singola utenza che consenta di determinare una tariffa proporzionale, per la parte variabile, alla fruizione del servizio da parte dell'utenza stessa. Essa rappresenta l'applicazione del principio "chi inquina paga" elemento distintivo delle politiche europee. Per finanziare le spese e i costi dei servizi pubblici per la gestione dei rifiuti urbani l'ordinamento legislativo ha subito un'evoluzione continua nell'ultimo ventennio: si sono succedute la tassa per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani (Tarsu), la tariffa per la gestione dei rifiuti urbani (Tia o Tia 1), la tariffa integrata ambientale (Tia 2), la Tassa Rifiuti E Servizi (TARES), fino alla tassa sui rifiuti (TARI).

Il numero di Comuni che hanno effettuato il passaggio al sistema tariffario è cresciuto di anno in anno, nonostante le incertezze normative che hanno continuamente rinviato l'entrata in vigore della tariffa.

È interessante verificare, nei Comuni ove siano stati introdotti sistemi di raccolta domiciliare spinta (porta a porta) di tutte le principali frazioni di rifiuto urbano e dove sia congiuntamente stato introdotto un sistema di tariffa puntuale, che cosa è accaduto al fenomeno dell'abbandono rifiuti.

Una prima verifica è possibile sulla Città di Abbiategrasso (MI), con circa 30.000 abitanti e la cui raccolta differenziata è gestita dall'azienda AMAGA Spa, e che presenta una significativa serie storica di misure quantitative sui rifiuti abbandonati. L'evoluzione del sistema di raccolta ha portato alla sostituzione completa dei contenitori stradali nel 2011 e all'introduzione della tariffa puntuale nel gennaio 2014. Come si vede l'eliminazione dei cassonetti stradali ha annullato il problema dei rifiuti "fuori cassonetto", senza determinare, come ci si sarebbe potuto attendere, una "migrazione" verso l'abbandono di rifiuti territoriale. Peraltro l'introduzione della tariffa puntuale ha comportato un'ulteriore riduzione di questa frazione che è passata da oltre il 7% del totale rifiuti fino ad arrivare allo 0,39% del 2015.

| <b>Dati</b>                           | <b>2008</b> | <b>2009</b> | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> | <b>2015</b> |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Abitanti                              | 31.146      | 31.578      | 32.035      | 32.168      | 32.368      | 32.295      | 32.409      | 32.585      |
| %RD                                   | <b>22%</b>  | <b>25%</b>  | <b>54%</b>  | <b>60%</b>  | <b>61%</b>  | <b>62%</b>  | <b>65%</b>  | <b>N.D.</b> |
| Totale rifiuti urbani (t)             | 15.682      | 15.938      | 13.863      | 13.791      | 13.710      | 13.206      | 13.184      | 12.981      |
| Abbandono fuoricassonetto (t)         | 497         | 500         | 128         | 53          | 6           | 0           | 0           | 0           |
| Abbandono sul territorio (t)          | 51          | 112         | 86          | 134         | 88          | 70          | 59          | 50          |
| <b>Totale rifiuti abbandonati (t)</b> | <b>548</b>  | <b>612</b>  | <b>214</b>  | <b>188</b>  | <b>95</b>   | <b>70</b>   | <b>59</b>   | <b>50</b>   |
|                                       | 3,49%       | 3,84%       | 1,55%       | 1,36%       | 0,69%       | 0,53%       | 0,45%       | 0,39%       |

**Tab. 1** – Dati abbandono rifiuti della Città di Abbiategrasso (Fonte: AMAGA Spa) [4]

In aree territoriali diverse, con aziende o consorzi che gestiscono comprensori più ampi come popolazione e territorio, possiamo notare come situazioni mature con sistemi di raccolta prevalentemente domiciliari e con tariffa puntuale, diano origine a dati altrettanto confortanti, ovvero con un'incidenza dei rifiuti abbandonati rispetto al totale di rifiuti intercettati, decisamente inferiore all'1%,

|  | <b>AREA Spa</b> | <b>CONTARINA Spa</b> | <b>CONSORZIO<br/>CHIERESE PER I<br/>SERVIZI Srl</b> |
|--|-----------------|----------------------|---|
| Zona geografica                            | Ferrara         | Padova-Treviso       | Torino  |
| Abitanti                                   | 165.000         | 550.000              | 125.000   |
| %RD  | <b>67%</b>      | <b>80%</b>           | <b>72%</b>  |
| Produzione totale rifiuti (t)              | 52.652          | 153.214              | 46.456  |
| <b>Abbandono (kg)</b>                      | <b>189.777</b>  | <b>429.000</b>       | <b>347.000</b>                                      |
| kg/ab.anno                                 | 1,15            | 0,78                 | 2,78  |
| <b>% rifiuti abbandonati/ tot. rifiuti</b> | <b>0,36%</b>    | <b>0,28%</b>         | <b>0,75%</b>  |

**Tab. 2** – Dati abbandono rifiuti di AREA Spa, Contarina Spa e Consorzio Chierese per i Servizi [4]

### 3. Conclusioni

I responsabili dei consorzi ed aziende analizzati hanno confermato come gli abbandoni siano in calo nel tempo dopo l'introduzione di sistemi di tariffazione puntuale: appena introdotto il sistema di tariffazione tendono ad un aumento per poi prendere un andamento discendente fino al limite minimo di sistema. In particolare l'abbandono extra-urbano rimane costante con l'avvio della tariffa puntuale mentre sostanzialmente si azzerava quello intorno ai cassonetti stradali/campane stradali sostituite dal porta a porta. Si può assistere invece ad un "nuovo" fenomeno di abbandono, ovvero l'aumento del deposito di sacchetti nei cestini stradali, cui si può porre rimedio con l'utilizzo di telecamere mobili (fototrappole) e con l'utilizzo di cestini a "bocca stretta" per disincentivare questa errata abitudine [4]. L'introduzione della tariffa puntuale permette inoltre di effettuare controlli mirati sulle utenze che non conferiscono rifiuti indifferenziati al sistema (così dette "utenze a conferimento nullo") e che sono quelle a maggiore rischio di abbandono. Tali verifiche prevedono l'invio di questionari di verifica in

cui le utenze devono giustificare la produzione nulla oppure possono essere previsti dei conferimenti minimi per utenza, soprattutto all'introduzione della tariffa puntuale, per ridurre o annullare questo fenomeno.

### **Bibliografia**

- [1] **G. Ghiringhelli**, *“L'abbandono rifiuti e il littering: strumenti per conoscere il fenomeno e contrastarlo”*, freebook Edizioni Ambiente, 2012, ISBN: 978-88-6627-091-1;
- [2] **G. Ghiringhelli, M. Giavini**, *“L'abbandono di rifiuti nell'ambiente e il littering: il progetto “strade pulite” della Provincia di Varese”*, Atti di Ecomondo, Maggioli Ed., Bologna: 168-174, 2008;
- [3] **G. Ghiringhelli, S. Greco, G. Maffeis**, *“Controllo e prevenzione dell'abbandono rifiuti e del littering”*, GSA - Igiene Urbana, aprile-giugno 2013;
- [4] **G. Ghiringhelli**, *“L'abbandono rifiuti e il littering: conoscere e controllare il fenomeno con la tariffa puntuale?”*, in Atti del Convegno “La tariffazione puntuale nel sistema di gestione rifiuti – 2° seminario nazionale”, PAYT Italia, CCIAA di Milano, 25 febbraio 2015.

# Il sistema di gestione dei RAEE in Italia alla luce del D.Lgs. 49/2014

*Sebastiano Mangiagli [sebastianomangiagli@libero.it](mailto:sebastianomangiagli@libero.it) - Dipartimento Economia e Giurisprudenza - Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Cassino (FR),  
Alessia Carbè - Istituto di Istruzione Superiore "Tulliano", Arpino (FR) <sup>1</sup>*

## **Riassunto**

*Negli ultimi anni la gestione e lo smaltimento dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) sono diventati una delle principali sfide per le amministrazioni locali e municipali incaricate della raccolta, del recupero, del riciclaggio e dello smaltimento dei rifiuti.*

*Il presente articolo, partendo da un'analisi della normativa, dei principi e degli strumenti definiti a livello italiano in materia di gestione e smaltimento, analizza i risultati conseguiti in termini di raccolta di RAEE.*

*Nello specifico, lo studio si prefigge di operare un raffronto fra i RAEE raccolti in Italia nel 2013, prima dell'entrata in vigore del Decreto Legislativo n. 49 del 14 marzo 2014, e i risultati conseguiti nel 2015.*

## **Summary**

*In recent years the management and disposal of waste from electric and electronic equipment (WEEE) have become one of the major challenges for local and municipal administrations responsible for the collection, recovery, recycling and disposal of waste.*

*This article, based on an analysis of legislation, principles and instruments defined at Italian level in the management and disposal, analyzes the results achieved in terms of WEEE collection.*

*Specifically, the study aims to operate a comparison between the WEEE collected in Italy in 2013, before the entry into force of the Legislative Decree n. 49 dated 14th March 2014, and the results achieved in 2015.*

## **1. Introduzione**

La produzione di rifiuti ha assunto negli ultimi anni dimensioni sempre maggiori principalmente per il miglioramento delle condizioni di vita della popolazione e per la conseguente crescita dei consumi. Ciò vale altresì in riferimento alla produzione di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (AEE), uno dei settori manifatturieri che registra la crescita più rapida [1, 2, 3], nel quale l'innovazione tecnologica e l'espansione del mercato continuano ad accelerare il processo di sostituzione e il numero di nuove applicazioni [4, 5]. Ne deriva che la gestione delle stesse apparecchiature alla fine del loro ciclo di vita, quando cioè si trasformano in Rifiuto da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), risulta alquanto complessa [6]. È così emersa la necessità di una legislazione europea armonizzata inerente questi flussi di rifiuti, al fine di superare alcune difficoltà sorte in seguito all'attuazione di politiche nazionali diversificate sulla gestione dei RAEE. Il 24 luglio 2012 è stata pubblicata sulla Gazzetta Uffi-

---

<sup>1</sup> I paragrafi 1, 2.1 e 3 sono da attribuire a Sebastiano Mangiagli, mentre il paragrafo 2.2 è da attribuire ad Alessia Carbè.

ziale dell'Unione Europea la direttiva 2012/19/UE approvata dal Parlamento e dal Consiglio di Bruxelles per imporre nuovi vincoli normativi sulla raccolta dei RAEE, abrogando la precedente direttiva 2002/96/CE [7]. La nuova direttiva, il cui recepimento da parte dell'Italia è avvenuto attraverso il Decreto Legislativo n. 49 del 14 marzo 2014, oltre a modificare il precedente campo di applicazione, ha stabilito dei nuovi obiettivi minimi di raccolta: a partire dal 2016 i RAEE raccolti dovranno essere pari come minimo al 45% delle apparecchiature immesse sul mercato, per poi salire al 65% a partire dal 2019 [8]. Altra novità scaturita dalla direttiva 2012/19/UE consiste nel ritiro "uno contro zero" per i rifiuti elettronici di piccole dimensioni, in base a cui i grandi distributori devono provvedere al ritiro gratuito degli apparecchi anche in assenza di un prodotto nuovo equivalente.

Alla luce delle sopra esposte considerazioni, la presente ricerca si prefigge di analizzare i risultati raggiunti dal sistema italiano di gestione dei RAEE successivamente all'entrata in vigore del D.Lgs. 49/2014; a tal fine, si opererà un raffronto fra quanto raccolto nel 2013, anno precedente all'entrata in vigore del decreto, e i risultati conseguiti nel 2015.

## 2. Relazione

### 2.1 Le novità introdotte dal Decreto Legislativo n. 49 del 2014

In Italia, il sistema di gestione dei RAEE ha preso avvio dalla pubblicazione del Decreto Legislativo 25 luglio 2005 n. 151, anche se l'effettiva attuazione è avvenuta alla fine del 2007 in seguito all'emanazione di alcuni dei quattordici decreti ministeriali previsti, alcuni dei quali sono stati determinanti per l'avvio del nuovo sistema di gestione dei RAEE. Fra questi, il più significativo è stato il Decreto Ministeriale 25 settembre 2007 n. 185 che, oltre ad istituire il Centro di Coordinamento RAEE e, contestualmente, definire il Registro Nazionale dei Produttori di AEE e il Comitato di Indirizzo sulla gestione dei RAEE, ha individuato i seguenti raggruppamenti di RAEE [9]: Raggruppamento R1: freddo e clima (frigoriferi, congelatori, condizionatori e scaldacqua); Raggruppamento R2: grandi bianchi (lavatrici, lavastoviglie, forni, piani cottura, cappe); Raggruppamento R3: tv e monitor; Raggruppamento R4: piccoli elettrodomestici, elettronica di consumo, apparecchi di illuminazione e altro; Raggruppamento R5: sorgenti luminose.

Alla data del 31 dicembre 2015, i Sistemi Collettivi attivi in Italia nel settore dei RAEE domestici sono 17, alcuni dei quali sono specializzati su singoli raggruppamenti, mentre altri si occupano di gestire più categorie di prodotto (Sistemi Collettivi Multifiliera). Il tutto è sintetizzabile nella tabella 1 successiva.

| Sistema Collettivo | Sede legale              | Raggruppamento |    |    |    |    |
|--------------------|--------------------------|----------------|----|----|----|----|
|                    |                          | R1             | R2 | R3 | R4 | R5 |
| Apirae             | Torino                   |                |    |    |    |    |
| Cobat              | Roma                     |                |    |    |    |    |
| CCR Italia         | Vinovo (TO)              |                |    |    |    |    |
| Ecodom             | Saronno (VA)             |                |    |    |    |    |
| Ecoelit            | Milano                   |                |    |    |    |    |
| Ecoem              | Pontecagnano Faiano (SA) |                |    |    |    |    |
| Ecolamp            | Milano                   |                |    |    |    |    |
| Ecolight           | Milano                   |                |    |    |    |    |
| Ecoped             | Milano                   |                |    |    |    |    |
| Ecor'it            | Milano                   |                |    |    |    |    |

*Segue*

| Sistema Collettivo | Sede legale                | Raggruppamento |    |    |    |    |
|--------------------|----------------------------|----------------|----|----|----|----|
|                    |                            | R1             | R2 | R3 | R4 | R5 |
| Erp Italia         | Cernusco sul Naviglio (MI) |                |    |    |    |    |
| EsaGerAEE          | Bagno a Ripoli (FI)        |                |    |    |    |    |
| PV Cycle Italia    | Milano                     |                |    |    |    |    |
| Raecycle           | Brescia                    |                |    |    |    |    |
| Remedia            | Milano                     |                |    |    |    |    |
| Rene AG Italia     | Bressanone (BZ)            |                |    |    |    |    |
| Ridomus            | Milano                     |                |    |    |    |    |

**Tab. 1** – I Sistemi Collettivi attivi in Italia al 31 dicembre 2015

Fonte: ns. elaborazione da [10]

Il Decreto Legislativo n. 49 del 14 marzo 2014 sui Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche è entrato in vigore dal 12 aprile dello stesso anno recependo la direttiva europea 2012/19/EU. Lo scopo della normativa è quello di ridurre l'impatto ambientale dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, attraverso l'introduzione di un sistema di raccolta differenziata che ne agevoli il riutilizzo, il riciclaggio e altre forme di recupero. La direttiva è stata attuata con tempi e modalità differenti negli Stati dell'Unione Europea, a causa della specificità dei sistemi di finanziamento previsti nei singoli ordinamenti nazionali [11]. Oltretutto, mentre in alcuni Stati membri come Svezia, Olanda e Belgio era presente una legislazione sui RAEE precedente a quella europea, nella maggior parte dei casi l'applicazione della normativa europea è avvenuta solo a partire dal 2004. Viepiù, in alcuni casi, specie nell'Europa dell'Est, il recepimento della direttiva è avvenuto limitandosi alla traduzione del testo della stessa, senza fornire dei chiarimenti in merito alle strutture ed ai soggetti responsabili della raccolta, nonché alla gestione e allo smaltimento separato dei RAEE [12].

Tra le novità derivanti dal D.Lgs. 49/2014 si segnala l'obbligo in capo a chi vende prodotti tecnologici ed elettronici on line di garantire il ritiro dei RAEE ai propri clienti che acquistano un nuovo prodotto, offrendo loro la possibilità di consegnare l'apparecchiatura a fine vita in punti di raccolta messi a disposizione gratuitamente.

Il nuovo decreto legislativo, inoltre, ha introdotto il sistema dell'1 contro 0. Questa novità consente di consegnare gratuitamente i RAEE di piccole dimensioni, inferiori a 25 cm, presso i punti vendita, senza alcun obbligo di acquisto. Il ritiro di questi rifiuti tecnologici è obbligatorio per i punti vendita con superfici superiori a 400 mq e facoltativo per quelli più piccoli. Le novità introdotte dal D.Lgs. 49/2014 sono riassumibili nei seguenti punti:

- estensione immediata dell'ambito di applicazione ai pannelli fotovoltaici, che diventano soggetti a tutti gli obblighi previsti dalla normativa sui RAEE; a partire dal 15 agosto 2018 verranno considerati RAEE tutti gli altri apparecchi elettrici ed elettronici per i quali non sia prevista una specifica esclusione;
- nuovi obblighi per i produttori di AEE, che sono tenuti ad aderire a sistemi individuali o collettivi per la gestione dei RAEE, a conseguire gli obiettivi minimi di recupero e riciclaggio previsti dalla legge, a comunicare al Ministero dell'Ambiente l'ammontare del contributo necessario per adempiere agli obblighi di raccolta, trattamento, recupero e smaltimento dei RAEE;
- obbligo di marcatura delle AEE immesse sul mercato, che dovranno riportare il simbolo del cassetto barrato e gli estremi identificativi del produttore o il suo numero di iscrizione al Registro RAEE;
- obbligo di ritiro 1 contro 0 dei RAEE domestici da parte dei grandi Distributori; i consuma-

tori possono consegnare gratuitamente i RAEE di dimensioni inferiori a 25 cm presso i grandi punti vendita (oltre i 400 mq), senza alcun obbligo di acquisto;

- nuovi obblighi informativi e di raccolta per chi vende prodotti tecnologici ed elettronici on line e a distanza;

- inserimento di nuove regole e sanzioni che garantiscano controlli più incisivi per arginare i flussi di RAEE gestiti in maniera illegale;

- aumento degli obiettivi di raccolta dei RAEE, che a partire dal 2016 dovranno essere pari almeno al 45% delle apparecchiature immesse sul mercato, per poi salire al 65% a partire dal 2019.

In ultima analisi, si rileva che il D.Lgs. 49/2014 ha rafforzato il ruolo del Centro di Coordinamento, avendo assegnato a quest'ultimo il compito di rendere più efficace il monitoraggio dei flussi di rifiuti tecnologici, mediante la gestione di un elenco a cui sono iscritti tutti gli impianti di trattamento.

## 2.2 La raccolta dei RAEE in Italia nel 2015

Per ciò che concerne i risultati ottenuti dall'Italia in termini di raccolta dei RAEE, va segnalato come il 2015 sia stato un anno in crescita rispetto agli esiti ottenuti nel 2013, anno precedente all'entrata in vigore del D.Lgs. 49/2014. Nel 2015, infatti, sono stati raccolti complessivamente 249.253.916 kg di RAEE sull'intero territorio nazionale con un aumento del 10,32% rispetto ai 225.931.218 kg raccolti dai Sistemi Collettivi nel 2013 [10].

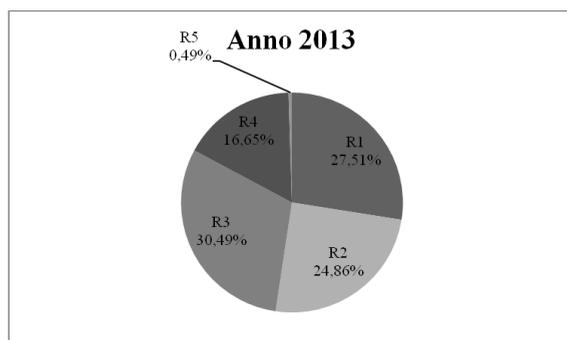
Tali risultati rafforzano i segnali di ripresa dalla crisi economica che negli scorsi anni aveva condizionato fortemente il mercato delle Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche; oltretutto, possono essere interpretati come la conseguenza di una costante diffusione della cultura della raccolta dei RAEE. Anche il valore della media di raccolta pro-capite pari a 4,1 kg per abitante è superiore al corrispondente dato del 2013 (3,8 kg per abitante [13]).

Passando ad analizzare i dati relativi alla raccolta dei RAEE suddivisi per raggruppamento, dalla tabella 2 e dalle figure 1 e 2 si evince come nel 2015 si siano registrati dei miglioramenti rispetto al 2013 per tutti i raggruppamenti, ad eccezione del Raggruppamento 3 (Tv e Monitor), che ha subito una riduzione da 68.879.875 Kg a 65.181.725 Kg, dato comunque in linea con l'andamento di questo settore negli ultimi anni. Resta infine da notare che per il raggruppamento R5, le sorgenti luminose, le quantità raccolte sono molto ridotte, ancorché leggermente in aumento rispetto all'anno 2013, a causa dello scarso peso di questi prodotti.

| Raggruppamento         | Totale Anno 2013   |                | Totale Anno 2015   |                |
|------------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
|                        | Val. ass. (Kg)     | Val. rel.      | Val. ass. (Kg)     | Val. rel.      |
| R1                     | 62.158.612         | 27,51%         | 70.415.437         | 28,25%         |
| R2                     | 56.156.357         | 24,86%         | 68.767.964         | 27,59%         |
| R3                     | 68.879.875         | 30,49%         | 65.181.725         | 26,15%         |
| R4                     | 37.620.439         | 16,65%         | 43.439.076         | 17,43%         |
| R5                     | 1.115.935          | 0,49%          | 1.449.714          | 0,58%          |
| <b>Totale Italia</b>   | <b>225.931.218</b> | <b>100,00%</b> | <b>249.253.916</b> | <b>100,00%</b> |
| <b>Kg per abitante</b> | <b>3,8</b>         |                | <b>4,1</b>         |                |

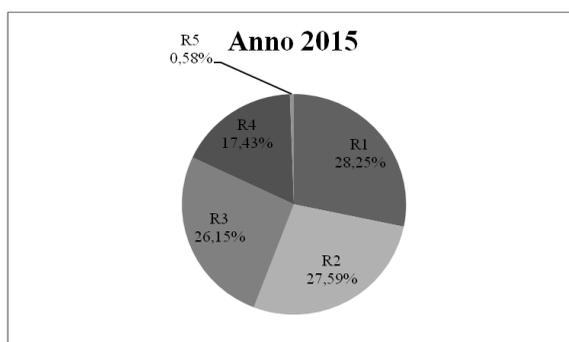
**Tab. 2** – La raccolta dei RAEE in Italia negli anni 2013-2015 (dati suddivisi per raggruppamento)

Fonte: ns. elaborazione da [10]



**Fig. 1** – La raccolta dei RAEE in Italia nell'anno 2013 (dati suddivisi per raggruppamento)

Fonte: ns. elaborazione da [13]



**Fig. 2** – La raccolta dei RAEE in Italia nell'anno 2015 (dati suddivisi per raggruppamento)

Fonte: ns. elaborazione da [10]

### 3. Conclusioni

Lo studio condotto nel presente contributo ha messo in rilievo come il sistema italiano di gestione multi-consortile dei RAEE derivante dall'entrata in vigore del Decreto Legislativo n. 49 del 14 marzo 2014 abbia raggiunto dei buoni risultati in considerazione dell'aumento dei RAEE raccolti in Italia fra il 2013 e il 2015.

Va però rilevato che l'attuale impianto normativo, pur avendo ben disciplinato le tematiche della sicurezza ambientale e della promozione del recupero dei RAEE finalizzato al relativo reimpiego e riciclaggio, non si è adeguatamente soffermato su un aspetto che si ritiene avrebbe meritato un'attenzione maggiore: quello legato alla prevenzione dell'aumento della produzione di RAEE, nella cui direzione dovrebbero agire, in un prossimo futuro, sia gli indirizzi normativi che le scelte progettuali. A ben vedere, infatti, è possibile costruire AEE riducendo l'impiego di risorse mediante il riutilizzo tanto di materiali riciclati quanto di componenti recuperabili. Fondamentale è altresì il ricorso a manufatti realizzati, ove possibile, con un solo materiale, nonché l'adozione delle tecniche della modularità e dell'intercambiabilità dei componenti comuni allo scopo di facilitare lo smontaggio, la riparazione, il riutilizzo ed il recupero degli stessi.

In conclusione, dunque, si ritiene che la gestione della prevenzione in questo particolare comparto produttivo debba costituire un obiettivo prioritario per le aziende di produzione di AEE, essendo essa strumentale non solo alla tutela dell'ambiente, ma anche alla salute e alla sicurezza degli stessi lavoratori addetti al trattamento dei RAEE.

## Bibliografia

- [1] **Tsai W.-H., Hung S.-J.**, “Treatment and recycling system optimisation with activity-based costing in WEEE reverse logistics management: an environmental supply chain perspective”, in *International Journal of Production Research*, vol. 47, n. 19, 2009, pp. 5391-5420;
- [2] **Agarwal G., Barari S., Tiwari M.K.**, “A PSO-based optimum consumer incentive policy for WEEE incorporating reliability of components”, in *International Journal of Production Research*, vol. 50, n. 16, 2012, pp. 4372-4380;
- [3] **A. Falbo, L. Biganzoli, F. Forte, L. Rigamonti, M. Grosso**, “Il sistema di gestione dei RAEE in Lombardia. Parte I: bilancio di materia”, in *Ingegneria dell’Ambiente*, vol. 2, n. 2, 2015, pp. 17-28;
- [4] **Hirschier R., Wäger P., Gauglhofer J.**, “Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE)”, in *Environmental Impact Assessment Review*, n. 24, 2005, pp. 525-539;
- [5] **Fraige F.Y., Al-khatib L.A., Alnawafleh H.M., Dweirj M.K., Langston P.A.**, “Waste electric and electronic equipment in Jordan: willingness and generation rates”, in *Journal of Environmental Planning & Management*, vol. 55, n. 2, 2012, pp. 161-175;
- [6] **Gupta V., Abidi N., Bansal T., Kumar Jain R.**, “Green Supply Chain Management Initiatives by IT Companies in India”, in *IUP Journal of Operations Management*, vol. 12, n. 2, 2013, pp. 6-24;
- [7] **Che Z.H.**, “Using fuzzy analytic hierarchy process and particle swarm optimization for balanced and defective supply chain problems considering WEEE/RoHS directives”, in *International Journal of Production Research*, vol. 48, n. 11, 2010, pp. 3355-3381;
- [8] **Angelelli V.**, “Rifiuti elettronici – Ecco le nuove regole dall’Europa”, in *Ambiente & sicurezza sul lavoro*, n. 10, 2012, pp. 65-70;
- [9] **M. Favot, R. Veit, A. Massarutto**, “The evolution of the Italian EPR system for the management of household Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Technical and economic performance in the spotlight”, in *Waste Management*, vol. 56, 2016, pp. 431-437;
- [10] Centro di Coordinamento RAEE, *Rapporto annuale 2015 – Ritiro e trattamento dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche in Italia*, 2016;
- [11] **E. Long, S. Kokke, D. Lundie, N. Shaw, W. Ijomah, C. Kao**, “Technical solutions to improve global sustainable management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in the EU and China”, in *Journal of Remanufacturing*, vol. 6, n. 1, 2016, pp. 1-27;
- [12] **S. Mangiagli**, “Il sistema di gestione dei RAEE in Europa e in Italia”, in *Atti dei seminari Ecomondo*, 2013, pp. 82-87;
- [13] Centro di Coordinamento RAEE, *Rapporto annuale 2013 – Ritiro e trattamento dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche in Italia*, 2014.

# La raccolta differenziata in Italia: analisi comparativa dei risultati conseguiti al Nord, al Centro e al Sud

*Sebastiano Mangiagli [sebastianomangiagli@libero.it](mailto:sebastianomangiagli@libero.it) - Dipartimento Economia e Giurisprudenza - Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Cassino (FR), Luca Mangiagli - Economia e Management Aziendale - Università degli Studi di Roma Unitelma Sapienza, Roma (RM) <sup>1</sup>*

## **Riassunto**

*Una delle tematiche ambientali che negli ultimi anni maggiormente sono state oggetto di dibattito dell'opinione pubblica è quella dei rifiuti, le cui attività di riciclaggio sono considerate di estrema rilevanza allo scopo di tutelare la salute dell'ambiente in un'ottica di sviluppo sostenibile.*

*Recentemente sta progressivamente crescendo il numero di Comuni italiani in grado di raggiungere l'obiettivo del 65% di raccolta differenziata dei rifiuti urbani fissato dal Decreto Legislativo 152/2006.*

*Tale lavoro si inserisce in questo quadro teorico al fine di cogliere le eventuali diversità di risultati conseguiti nell'anno 2014 sul territorio italiano, diviso nelle tre macro-aree geografiche Nord, Centro e Sud.*

## **Summary**

*One of the environmental issues that in recent years most have been subject to public debate, it is worth noting that waste, whose recycling activities are considered extremely important in order to protect the health of the environment with a view to developing sustainable.*

*Recently it is gradually increasing the number of Italian municipalities are able to reach the target of 65% recycling of municipal waste established by Legislative Decree 152/2006.*

*This work is inserted into this theoretical field in order to capture possible diversities in terms of biological diffusion throughout Italy, divided up among three geographical macro-areas: North, Centre and South.*

## **1. Introduzione**

Nell'ambito delle tematiche ambientali che negli ultimi anni maggiormente si sono imposte all'attenzione dell'opinione pubblica è da segnalare quella dei rifiuti, la cui attività di riciclaggio è considerata di estrema rilevanza allo scopo di tutelare la salute dell'ambiente e della collettività in un'ottica di sviluppo sostenibile [1, 2, 3]. Secondo l'art 183 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per raccolta differenziata si intende: «la raccolta idonea, secondo criteri di economicità, efficacia, trasparenza ed efficienza, a raggruppare i rifiuti urbani in frazioni merceologiche omogenee, al momento della raccolta o, per la frazione organica umida, anche

---

<sup>1</sup> I paragrafi 1 e 3 sono da attribuire a Sebastiano Mangiagli, mentre il paragrafo 2 è da attribuire a Luca Mangiagli.

al momento del trattamento, nonché a raggruppare i rifiuti di imballaggio separatamente dagli altri rifiuti urbani, a condizione che tutti i rifiuti sopra indicati siano effettivamente destinati al recupero». Sempre il D.Lgs. 152/06 all'articolo 205 fissa l'obiettivo del 65% di raccolta differenziata dei rifiuti urbani da raggiungere entro il 31 dicembre 2012. Il crescente interesse della collettività per le tematiche ambientali è testimoniato dai più recenti dati che riguardano la crescita della raccolta differenziata in Italia.

Nel 2014, infatti, secondo il rapporto sui Comuni Ricicloni pubblicato da Legambiente nel mese di luglio del 2015 [4], 1.520 Comuni hanno superato la quota del 65% di raccolta differenziata, con una crescita del 14,46% rispetto all'anno precedente.

Ma a quali Regioni appartengono tali Comuni? I risultati migliori sono stati conseguiti dal Nord, dal Centro o dal Sud dell'Italia?

Obiettivo del presente articolo consiste nel volere esporre la distribuzione territoriale dei Comuni che sono riusciti a conseguire nell'anno 2014 il risultato del 65% di raccolta differenziata dei rifiuti urbani.

## **2. Relazione**

Nel 2014 i Comuni in cui è stato raggiunto almeno il 65% di raccolta differenziata destinata al riciclo sul totale dei rifiuti urbani prodotti sono stati 1.520 (tabella 1), con un incremento in termini assoluti pari a 192 (+14,46%) rispetto al 2013, nonostante l'accorpamento e la creazione di unioni di tanti piccoli Comuni [5].

Ad eccezione della Valle d'Aosta, in tutte le Regioni italiane sono presenti dei Comuni in cui è stato raggiunto il risultato del 65% dei rifiuti avviati a riciclo. Più precisamente i Comuni che nel 2014 hanno conseguito l'obiettivo del 65% fissato dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 ammontano a (tabella 1):

- 21 nell'Abruzzo,
- 8 nella Basilicata,
- 10 nella Calabria,
- 145 nella Campania,
- 29 nell'Emilia-Romagna,
- 118 nel Friuli-Venezia Giulia,
- 10 nel Lazio,
- 3 nella Liguria,
- 348 nella Lombardia,
- 104 nelle Marche,
- 5 nel Molise,
- 159 nel Piemonte,
- 6 nella Puglia,
- 20 nella Sardegna,
- 2 nella Sicilia,
- 28 nella Toscana,
- 100 nel Trentino-Alto Adige,
- 10 nell'Umbria,
- 0 nella Valle d'Aosta,
- 394 nel Veneto.

Sempre dalla tabella 1 si evince che solo in Puglia e Toscana il numero di Comuni con più di 10.000 abitanti che ha raggiunto l'obiettivo del 65% è riuscita a superare il numero di Comuni con meno di 10.000 abitanti che ha conseguito tale risultato.

| Regione               | N. di Comuni                    |                                |              |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------|
|                       | Con meno di 10.000 abitanti (A) | Con più di 10.000 abitanti (B) | Totale (A+B) |
| Emilia-Romagna        | 14                              | 15                             | 29           |
| Friuli-Venezia Giulia | 12                              | 106                            | 118          |
| Liguria               | 0                               | 3                              | 3            |
| Lombardia             | 61                              | 287                            | 348          |
| Piemonte              | 13                              | 146                            | 159          |
| Trentino-Alto Adige   | 4                               | 96                             | 100          |
| Valle d'Aosta         | 0                               | 0                              | 0            |
| Veneto                | 99                              | 295                            | 394          |
| <i>Nord Italia</i>    | <i>203</i>                      | <i>948</i>                     | <i>1.151</i> |
| Lazio                 | 2                               | 8                              | 10           |
| Marche                | 19                              | 85                             | 104          |
| Toscana               | 18                              | 10                             | 28           |
| Umbria                | 4                               | 6                              | 10           |
| <i>Centro Italia</i>  | <i>43</i>                       | <i>109</i>                     | <i>152</i>   |
| Abruzzo               | 4                               | 17                             | 21           |
| Basilicata            | 0                               | 8                              | 8            |
| Calabria              | 0                               | 10                             | 10           |
| Campania              | 20                              | 125                            | 145          |
| Molise                | 0                               | 5                              | 5            |
| Puglia                | 4                               | 2                              | 6            |
| Sardegna              | 3                               | 17                             | 20           |
| Sicilia               | 0                               | 2                              | 2            |
| <i>Sud Italia</i>     | <i>31</i>                       | <i>186</i>                     | <i>217</i>   |
| <b>Totale Italia</b>  | <b>277</b>                      | <b>1.243</b>                   | <b>1.520</b> |

**Tab. 1** – Distribuzione per Regione e per macro-area del numero di Comuni italiani che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% di raccolta differenziata dei rifiuti urbani (anno 2014)

Fonte: ns. elaborazione da [4]

Confrontando i risultati conseguiti negli anni 2013 e 2014, si può notare come i Comuni che hanno superato la quota del 65% di raccolta differenziata siano passati da 1.328 a 1.520 (+14,46%). I maggiori miglioramenti sono stati conseguiti dal Sud Italia (+68,22%), a cui seguono il Centro Italia (+23,39%) e il Nord Italia (+6,98%).

| Macro-area           | N. di Comuni che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% |               | Variazione fra 2013 e 2014 |                  |
|----------------------|--|---------------|----------------------------|------------------|
|                      | Anno 2013 (A)  | Anno 2014 (B) | Var. ass. (B-A)            | Var. % [(B-A)/A] |
| Nord Italia          | 1.075  | 1.150         | +75                        | +6,98%           |
| Centro Italia        | 124  | 153           | +29                        | +23,39%          |
| Sud Italia           | 129  | 217           | +88                        | +68,22%          |
| <i>Totale Italia</i> | <i>1.328</i>   | <i>1.520</i>  | <i>+192</i>                | <i>+14,46%</i>   |

**Tab. 2** – Distribuzione per macro-area del numero di Comuni italiani che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% di raccolta differenziata dei rifiuti urbani (confronto fra anni 2013 e 2014)

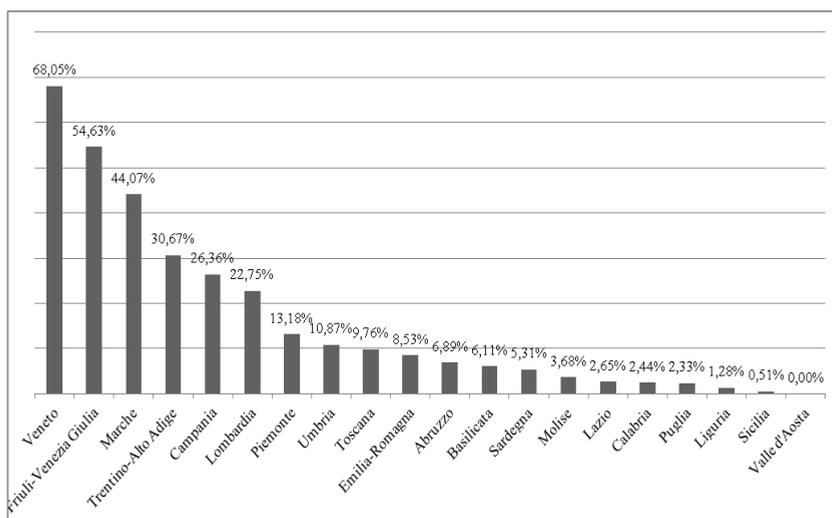
Fonte: ns. elaborazione da [4]

Se si considera anche il numero dei Comuni che appartengono ad ogni Regione, è possibile stilare la classifica delle Regioni italiane che riciclano maggiormente (tabella 3 e figura 1).

| Posizione in graduatoria | Regione               | Macro-area    | N. di Comuni totali (A) | N. di Comuni che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% (B) | B/A    |
|--------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|--|--------|
| 1                        | Veneto                | Nord Italia   | 579                     | 394  | 68,05% |
| 2                        | Friuli-Venezia Giulia | Nord Italia   | 216                     | 118  | 54,63% |
| 3                        | Marche                | Centro Italia | 236                     | 104  | 44,07% |
| 4                        | Trentino-Alto Adige   | Nord Italia   | 326                     | 100  | 30,67% |
| 5                        | Campania              | Sud Italia    | 550                     | 145  | 26,36% |
| 6                        | Lombardia             | Nord Italia   | 1.530                   | 348  | 22,75% |
| 7                        | Piemonte              | Nord Italia   | 1.206                   | 159  | 13,18% |
| 8                        | Umbria                | Centro Italia | 92                      | 10   | 10,87% |
| 9                        | Toscana               | Centro Italia | 287                     | 28   | 9,76%  |
| 10                       | Emilia-Romagna        | Nord Italia   | 340                     | 29   | 8,53%  |
| 11                       | Abruzzo               | Sud Italia    | 305                     | 21   | 6,89%  |
| 12                       | Basilicata            | Sud Italia    | 131                     | 8  | 6,11%  |
| 13                       | Sardegna              | Sud Italia    | 377                     | 20   | 5,31%  |
| 14                       | Molise                | Sud Italia    | 136                     | 5  | 3,68%  |
| 15                       | Lazio                 | Centro Italia | 378                     | 10   | 2,65%  |
| 16                       | Calabria              | Sud Italia    | 409                     | 10   | 2,44%  |
| 17                       | Puglia                | Sud Italia    | 258                     | 6  | 2,33%  |
| 18                       | Liguria               | Nord Italia   | 235                     | 3  | 1,28%  |
| 19                       | Sicilia               | Sud Italia    | 390                     | 2  | 0,51%  |
| 20                       | Valle d'Aosta         | Nord Italia   | 74                      | 0  | 0,00%  |
|                          | <i>Totale Italia</i>  |               | 8.055                   | 1.520  | 18,87% |

**Tab. 3** – *Classifica delle Regioni italiane in base all'incidenza del numero di Comuni che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% sul numero di Comuni totali (anno 2014)*

Fonte: ns. elaborazione da [4]



**Fig. 1** – Classifica delle Regioni italiane in base all'incidenza del numero di Comuni che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% sul numero di Comuni totali (anno 2014)

Fonte: ns. elaborazione da [4]

Dai grafici precedenti è possibile notare che:

- Veneto e Friuli-Venezia Giulia, entrambe appartenenti al Nord, si sono posizionate ai primi due posti;
- se si escludono la Valle d'Aosta e la Liguria, rispettivamente al 20° e al 18° posto, le altre Regioni del Nord si sono posizionate fra i primi dieci posti;
- nell'ambito delle Regioni del Centro, le Marche hanno fatto registrare un valore (44,07%) notevolmente superiore rispetto a Umbria (10,87%), Toscana (9,76%) e Lazio (2,65%);
- per ciò che riguarda il Sud, la migliore Regione è stata la Campania (al 5° posto), la peggiore la Sicilia (al 19° posto).

Infine, si segnala come gli unici Capoluoghi di Provincia che siano riusciti a superare la quota del 65% di raccolta differenziata appartengano alle Regioni del Nord Italia: si tratta di Parma (66,1%), Pordenone (81,7%), Mantova (77,2%), Verbania (72,0%), Novara (70,9%), Trento (77,7%), Belluno (77,1%) e Treviso (72,1%). Ciò è desumibile dalla tabella 4 riportata di seguito.

| Posizione in graduatoria | Comune    | Regione               | Macro-area  | % di raccolta differenziata |
|--------------------------|-----------|-----------------------|-------------|-----------------------------|
| 1                        | Pordenone | Friuli-Venezia Giulia | Nord Italia | 81,7%                       |
| 2                        | Trento    | Trentino-Alto Adige   | Nord Italia | 77,7%                       |
| 3                        | Mantova   | Lombardia             | Nord Italia | 77,2%                       |
| 4                        | Belluno   | Veneto                | Nord Italia | 77,1%                       |
| 5                        | Treviso   | Veneto                | Nord Italia | 72,1%                       |
| 6                        | Verbania  | Piemonte              | Nord Italia | 72,0%                       |
| 7                        | Novara    | Piemonte              | Nord Italia | 70,9%                       |
| 8                        | Parma     | Emilia-Romagna        | Nord Italia | 66,1%                       |

**Tab. 4** – Classifica dei Capoluoghi di Provincia italiani che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% di raccolta differenziata dei rifiuti urbani (anno 2014)

Fonte: ns. elaborazione da [4]

### 3. Conclusioni

Dallo studio condotto nel presente contributo è emerso come in Italia, malgrado le diversità regionali [6], si stiano conseguendo dei miglioramenti in termini di raccolta differenziata. Fra il 2013 e il 2014 il numero di Comuni che sono stati in grado di raggiungere l'obiettivo del 65% di raccolta differenziata dei rifiuti urbani fissato dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 è passato da 1.328 a 1.520, con un incremento percentuale del 14,46%.

A livello macro-regionale, i maggiori miglioramenti sono stati ottenuti dal Sud Italia (+68,22%), seguito dal Centro Italia (+23,39%) e dal Nord Italia (+6,98%). Ciononostante, il 40% dei Comuni italiani che nel 2014 hanno raggiunto l'obiettivo del 65% appartiene al Triveneto (Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Trentino-Alto Adige).

È da segnalare infine come, sempre nel 2014, la Regione del Sud Italia con la più alta incidenza del numero di Comuni che hanno raggiunto l'obiettivo del 65% sul numero di Comuni totali sia stata la Campania [7].

In ultima analisi, nella presente ricerca è stato rilevato che nel 2014, malgrado i miglioramenti rispetto al 2013, soltanto il 18,87% dei Comuni italiani ha raggiunto l'obiettivo del 65%. Si ritiene che affinché tale valore possa aumentare, occorra replicare le buone pratiche di gestione su tutto il territorio nazionale, realizzando nuovi impianti di riciclaggio e riuso e rendendo il ciclo integrato dei rifiuti gerarchico anche sotto il profilo dei costi; in altri termini, si ravvisa la necessità di un nuovo sistema di incentivi e disincentivi che rendano la prevenzione e il riciclo più convenienti, anche economicamente, rispetto al recupero energetico e allo smaltimento in discarica [8].

### Bibliografia

- [1] World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Oslo, 20 Marzo 1987;
- [2] **G.L. Gregori, V. Temperini, A. Perna**, “Lo sviluppo del green marketing nelle imprese alberghiere: i principali risultati di una ricerca esplorativa”, in *Rivista di Studi sulla Sostenibilità*, n. 1, 2012, pp. 79-96;
- [3] **M.G. Persico, F. Rossi**, *Comunicare la sostenibilità. Comunicare il nuovo paradigma per un nuovo vantaggio competitivo*, Franco Angeli, Milano, 2016;
- [4] Legambiente, “Speciale Comuni Ricicloni 2015”, in *Rifiuti oggi*, n. 1, 2015;
- [5] **G. Arachi, G. Di Liddo, M.G. Giuranno**, “Cooperazione locale in Italia: le unioni di comuni”, in *Economia Pubblica*, n. 1, 2016, pp. 11-36;
- [6] **M. Salvati, L. Sciolla**, “Leggere l'Italia attraverso le diversità regionali”, in *Il Mulino*, n. 3, 2016, pp. 433-440;
- [7] **V. Martone**, “La governance dei rifiuti urbani: la progettazione partecipata della raccolta differenziata a Scampia”, in **G. Punziano** (a cura di), *Società, economia e spazio a Napoli. Esplorazioni e riflessioni*, GSSI Social Sciences - Working Papers 28, 2016, pp. 67-79;
- [8] **S. Crivello**, “Capitale, natura e città: ecologia politica urbana dell'inceneritore del Gerbido a Torino”, in *Sociologia urbana e rurale*, n. 109, 2016, pp. 22-39.

# The sustainable business perspectives: circular economy and textile recycling market opportunities

*Irene Pasqualotto, [irene.pasqualotto@gmail.com](mailto:irene.pasqualotto@gmail.com)  
University Ca' Foscari di Venezia, Venezia*

## **Riassunto**

*L'economia circolare può rappresentare una strategia efficace per supportare le imprese nel ridisegnare i propri modelli di business, adattandoli alle sfide della scarsità di risorse e della globalizzazione. Inizialmente, sono stati individuati tre strumenti manageriali (uno per ogni dimensione della sostenibilità), che possano far emergere le opportunità di innovazione tecnologica e gestionale, nonché di mercato, legate ad un sistema economico circolare. A titolo esemplificativo, si è analizzato in ottica circolare il settore tessile e dell'abbigliamento europeo ed italiano. È stata poi effettuata una ricerca empirica qualitativa per individuare le opzioni relative a "chiudere il cerchio" delle fibre tessili in Italia con l'intento di esplorarne le possibilità e misurarne il valore potenziale. Quest'ultimo è stato obiettivo relativo alla parte di ricerca empirica quantitativa.*

## **Summary**

*Circular economy represents one of the possible strategic ways that enterprises could adopt to redesign their business models in order to be ready for future challenges, such as resource scarcity, globalization and high competitiveness. Therefore, three managerial instruments (one for each sustainability dimension), which could let technological and management innovations and market opportunities related to circular economy emerge, were identified. In particular, the European and Italian textile and clothing sector was analyzed with "circular lenses" in order to provide an illustrative example. An empirical research was then conducted, aiming to individuate which are the current "closing-the-loop" options for used textile fibres in Italy (qualitative part) and to measure their potential value (quantitative part).*

## **1. Introduction**

The relationship between sustainability principles and the business dimension has become a key issue in the last decades. Especially in recent years, the development of international market trends, such as globalization, offshore-outsourcing and emerging countries rapid growth, accelerated the urgency of integrating economic systems and corporate organizations by adopting wider management point of views, also from the sustainability perspective.

Circular economy could be one of the possible approaches to understand business, environmental and social implications of a product or a sector. Circular economy principles refer to an economic system that efficiently uses resources and does not generate wastes throughout all different phases of a product life cycle. The basic concepts are not new, but in the last period particular attention to this issue has been paid by researchers and institutions and companies need appropriate managerial tools to realize principles.

Circular economy lenses will be applied to analyze the structure and current challenges of the European and Italian textile and clothing sector. The sector will be analyzed from a wider perspective, meaning that economic, environmental and social effects of all value chain stages will be considered.

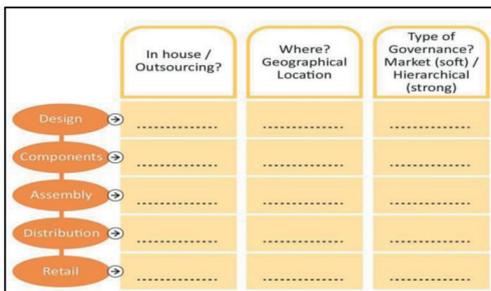
The empirical analysis of this work will then try to provide two contributions: first (qualitative), a general model that should describe which are current options to reuse and recycle used textiles and garments in Italy and should map who are the economic subjects involved in close-the-loop activities. Second (quantitative), the quantification of the reuse/recycling potential market size.

## 2. Paper

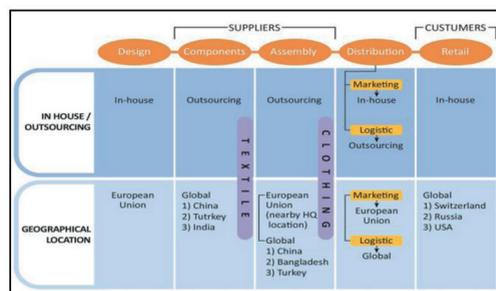
### 2.1 Managerial Tools for Circular Economy and Theoretical Application in the Textile and Clothing Sector

Nowadays companies need support in integrating the three sustainability dimensions –economic, environmental and social-, but theoretical principles are hard to actualize. In order to incentivize companies’ actions towards a more circular approach, enterprises should first analyze their business through circular lenses in order to explore which are business, environmental and social opportunities. Thus, three micro-level tools, one for each sustainability dimension, are here presented, followed by the illustrative examples about the Textile and Clothing industry (T&C) value chain, that demonstrate what should be the results of managerial tools’ application.

*A) Economic - Global Value Chain analysis* (Gereffi et al., 2005 [1]): The Global Value Chain Analysis examines and describes the five most important moment of a product life, i.e. Design, Components, Assembly, Distribution and Retail, from the company perspective. In particular, this tool helps in understanding which activities represent the core business and which ones are under direct control of the enterprise (who?), where are located the different operations geographically (where?) and how strong are the linkages with main suppliers and customers.

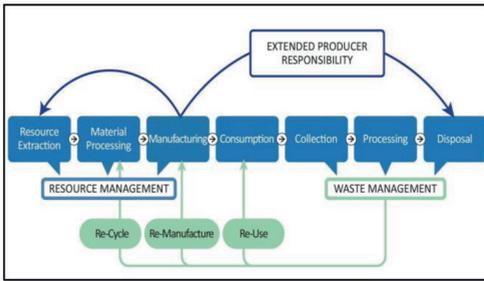


**Fig. 1** – Global Value Chain Analysis. (Source: own adaptation from Gereffi et al. 2005).

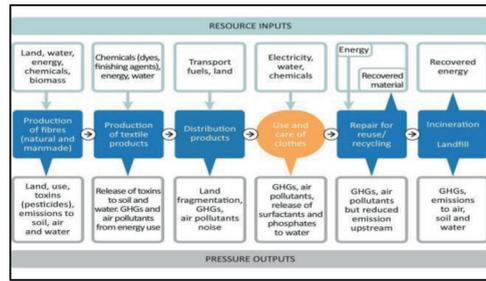


**Fig. 2** – European T&C Global Value Chain. (Source: own elaboration).

*B) Environmental - Environmental Life Cycle Assessment:* The “Life Cycle Assessment (LCA)” methodology has been developed to measure, compare and assess environmental impacts of human economic activity throughout the different production-consumption moments, extended in space and time (Rebitzer et al., 2004; ISO 2006; Finnveden et al., 2009 [2]).



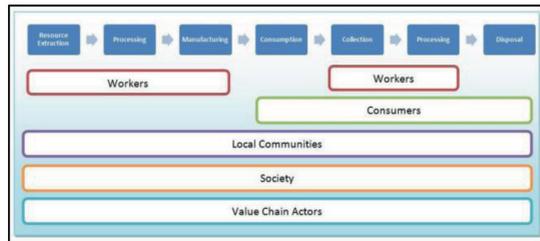
**Fig. 3 – Product Life Cycle.** (Source: Chertow,2008).



**Fig. 4 – Environmental impacts related to T&C Product Life Cycle.** (Source: EEA, 2014).

**C) Social - Social Life Cycle Assessment:**

Production-Consumption activities impact on the social dimension as well. Consequently, social impacts, defined as “the consequences of social relations and interactions weaved in the context of an activity and engendered by the activity own or preventive actions taken by stakeholders” (UNEP 2009, p. 43 [3]) should be also included in the analysis.



**Fig. 5 – Social Life Cycle Assessment' Stakeholders Categories.** (Source: adaptation from UNEP 2009).

**2.3 Empirical Analysis**

The main goal of the empirical research is to demonstrate the economic, environmental and social value of used or discarded textiles and clothes, which can still serve as inputs for profitable economic activities. Thus, the intention of the qualitative empirical research is to map the flow of used and discarded textile fibers and relative involved actors. The quantitative research should then quantify which could be the market value of circular options.

**2.3.1 Qualitative Empirical Analysis**

**2.3.1.1 Methodology**

The methodology consisted in an initial review of specific literature and reports [4] and a qualitative empirical analysis based on 16 face-to-face or telephonic interviews, during the period November 2014- March 2015. Interviews were conducted with: representatives of institutions (e.g. Chamber of commerce), industry associations (e.g. Industrial federations), sector experts (e.g. Bureau of International Recycling), manufacturing enterprises managers, charity organizations (e.g. Caritas) and secondhand shops. In addition, 5 company case studies were analyzed in order to better understand different approaches and strategies regarding used T&C recycling.

**2.3.1.2 Used and discarded Textile and Clothing flow in Italy**

The result of mapping the material flow of used or discarded textile products from their end of life to reintroduction into the economic system is the following model that illustrates which steps and operations are needed for T&C recycling.

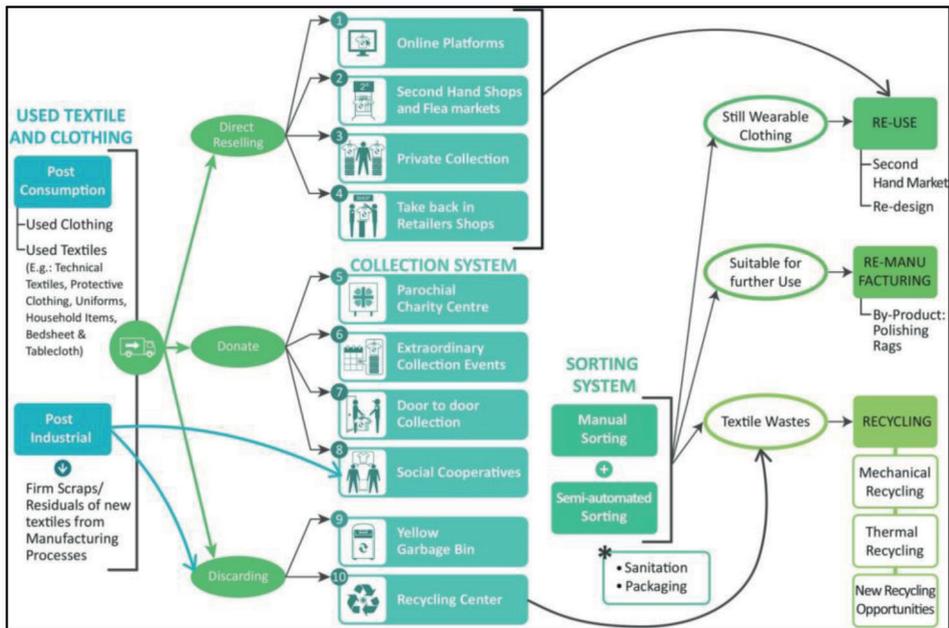


Fig. 6 – Used and discarded textile and clothing flow in Italy. (Source: own elaboration).

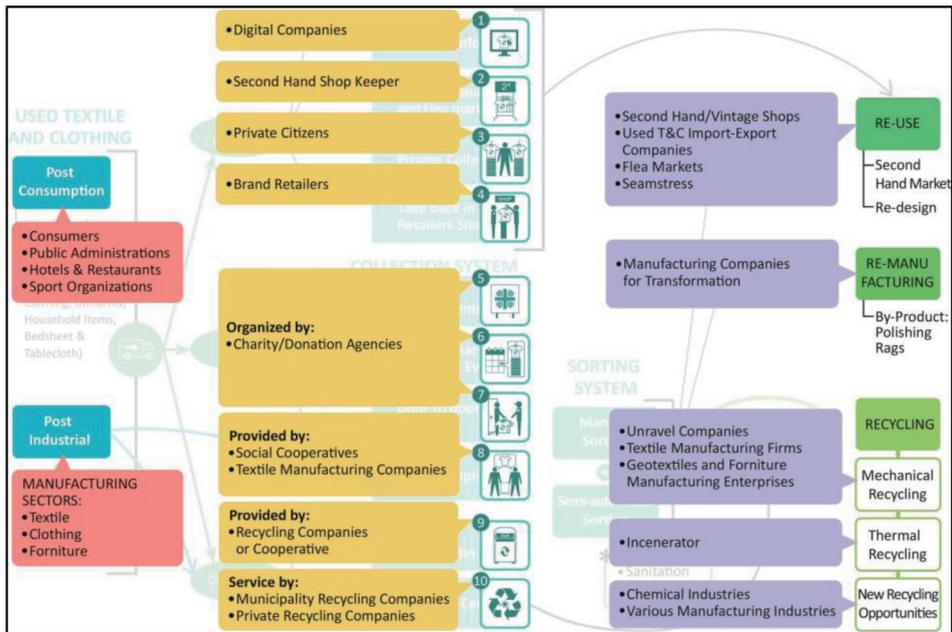
### Model Description

Once a subject decides to discard used clothes or technical textiles (post-consumption) or a firm has textile scraps or residuals from the production process (post-industrial), there are basically three options available: to directly re-sell items in the second-hand market, to donate clothes to charity organizations or to throw them away. Therefore, an initial selection is made by the consumer or producer itself. For donated or discarded clothes, a collection system is then in place, followed by the sorting process. At the end of the sorting process garments and textiles are divided into three categories (percentages by Haner and Bartl, 2011 [4]):

- 1) Still wearable garments (50%) → REUSE STREAM: re-selling.
- 2) Still usable textiles and clothes (25%) → REMANUFACTURING STREAM: Textiles and clothes which are still usable but not suitable for wearing usually need some kind of transformation process to be reintroduced as new or different products into the business cycle, such as polishing rags or household items.
- 3) Textile wastes, suitable for recycling process (25%) → RECYCLING: There are different processes to recycle used textiles and clothes (i.e.: mechanical, chemical) in order to obtain raw materials useful for recreating yarns (i.e.: carpets) and fabrics (i.e.: insulation panels).

#### 2.3.1.3 Involved Economic Actors

The qualitative research maps also “Involved economic actors” which are responsible for each stage of the material flow, i.e. consumers, companies, organizations. These actors should create together a more structured network in order to foster contacts creation between the different subjects and business opportunities development.



**Fig. 7 – Involved economic actors (Source: own elaboration)**

### 2.3.2 Quantitative Empirical Analysis

The quantitative empirical part of the research explores the potentialities and market size of clothes redesign, one of the reuse-recycling options presented in the model, in order to demonstrate how to concretely take advantage of circular economy possibilities in the Italian T&C sector.

#### 2.3.2.1 Methodology

Market demand was analyzed in order to define a customer segment. Indirect data about secondhand markets, sustainability awareness and craftsmanship were presented. Direct data for this project were obtained through an online pilot questionnaire submitted by 80 people. The survey results provided interesting indications about how many clothes a person might like to redesign, customers' willingness to pay, interest in learning how to redesign autonomously and which values should be considered for the marketing strategy. As a result, the market segment was defined and its relative potential market size in the Veneto Region was calculated.

### 2.3.2.2 Potential market size calculation

|  | 1 year    | 2 year    | 3 year    | Description   |
|--|-----------|-----------|-----------|---|
| <b>Female Population in Veneto</b>                       | 2.525.556 | 2.529.204 | 2.529.204 | First year population amounts to women who resided in Veneto at the end of 2014 (Istat database [5]). In the following years, a growth rate of 0,14% was applied* (Istat database [5]). |
| <b>Percentage of potentially interested women</b>        | 45%       | 45%       | 45%       | Comparing education characteristics and age, it has been estimated that 45% of the female population could be included in customer segment  |
| <b>Total number of potentially interested women</b>      | 1.136.500 | 1.138.141 | 1.138.141 | Female population * potential %   |
| <b>People selecting clothes periodically</b>             | 90%       | 90%       | 90%       | According to survey answers.  |
| <b>Individuals who could have clothes to redesign</b>    | 77,80%    | 77,80%    | 77,80%    | According to survey answers.  |
| <b>Family “cannibals”</b>                                | -55%      | -55%      | -55%      | Market share cannibalized by family or people who can already redesign autonomously. According to questionnaire answers.  |
| <b>Potential market size (N. of customers)</b>           | 358.099   | 358.617   | 358.617   |   |
| <b>Expected initial Redesign Service’ market share</b>   | 3%        | 4%        | 5%        | General assumptions for young, not already widespread activity (stat-up)  |
| <b>Potential market share’ size (N. of customers)</b>    | 10.742    | 14.344    | 17.930    | Potential target * % initial market   |
| <b>Items per person (n. )</b>                            | 2         | 2         | 2         | According to survey answers.  |
| <b>Price per item (€)</b>                                | 16,5      | 16,5      | 16,5      | According to survey answers-  |
| <b>Redesign Service only</b>                             | 55%       | 55%       | 55%       | According to survey answers.  |
| <b>Price per item + Redesign assistance training (€)</b> | 20        | 20        | 20        | Premium price for additional service (learning opportunity)   |
| <b>D.I.Y Interested</b>                                  | 45%       | 45%       | 45%       | According to survey answers.  |
| <b>Potential value (€)</b>                               | 388.359   | 518.560   | 648.200   | Formula:<br>[[2*16,5*55%)+(2*20*45%)]*<br>Potential Redesign Service achievable value   |

**Tab. 1 – Potential market size in the Veneto region. (Source: own elaboration).**

The market demand analysis demonstrates that redesigned clothes could have a relevant market value (*economic dimension*). The redesign service will also provide a concrete solution to extend the life of old, out of fashion clothes, avoiding wastes (*environmental dimension*).

Moreover, the redesign service could support the preservation of important artisan competencies related to sewing.

### 3. Conclusions

The “theoretical application” part of the research demonstrates that circular economy lenses could help in identifying where companies should improve their strategies (i.e. vs suppliers or consumers) and which strategic direction is needed for a business model innovation towards circularity.

From the “qualitative empirical part” of the research, it emerged that a flourishing economic system already exists in Italy, but it should be valorised and expanded. Possibilities and solutions to close the loop of the T&C sector exist, but a structured network that gathers together all the involved private and public organizations is missing and it could help to maximize these T&C sector branch potentialities. Furthermore, recycling initiatives should be more integrated with upstream value chain strategies towards circularity, such as eco-design, in order to enhance textile products recyclability. Indeed, to pursue circular and sustainable economy thinking, collaboration among all the T&C sector industries and integration throughout all value chain functions are essential elements. In this way, additional characteristics and properties regarding fabrics could be available on textile and clothing labels, thus facilitating sorting and recycling phases. Creating a virtuous, integrated closed loop system in the T&C sector by involving different organizations could provide a very good opportunity to spread circular economy principles and to exploit the relative potential.

The model “Used and discarded T&C flow in Italy” could be used as informational and educational tool for raising awareness about the value of textile and clothing wastes and for spreading responsible and conscious consumption behaviors.

The “quantitative empirical part” of the research quantified the potential market size of clothes redesign, one of the reuse-recycling options presented in the model “Used and discarded T&C flow in Italy”, in the Veneto region (illustrative location). The investigation results show that 10.700 people could be interested in a service of clothing redesign and the initial market value could amount to 388.000 €

This final part is significant, since it verified that in the T&C sector business opportunities related to circular economy principles entail interesting market demand potentialities. Since it appears that the market has become particularly receptive to sustainability issues, it would be advisable to further explore business strategies to capture the value identified in this analysis. Fashion industry enterprises should be more aware of their sustainability potential in order to uncover and exploit eco-innovative business possibilities.

### Bibliography

- [1] Gereffi, G., Humphrey, J. and Sturgeon, T. (2005). *The governance of global value chains*. Review of International Political Economy. Vol. 12, No. 1, pp. 78-104.
- [2] Chertow M. R. (2008). *Industrial Ecology in a Developing Context*. In (Pp. 335-349): Sustainable Development and Environmental Management: Experiences and Case Studies by Clini, C., Musu, I., Gullino, M.L., Springer Edition.
- ISO. (2006). *ISO 14040 International Standard. In: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. International Organisation for Standardization. Geneva, Switzerland.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R. et al. (2004). *Life cycle assessment - Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications*. Environment International. Vol. 30, pp. 701-720.
- Finnveden, G., Hauschild, M., Ekvall, T. et al. (2009). *Recent developments in Life Cycle Assessment*. Journal of Environmental Management. Vol. 91, pp. 1-21.
- EEA. (2014). *Environmental Indicator Report 2014: Environmental impacts of production-consumption systems in Europe*. European Environment Agency. Copenhagen, Denmark.

[3] **UNEP.** (2009). *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products*. United Nations Environment Programme, in collaboration with Setac and Life Cycle Initiative.

[4] The reference literature for this part has been:

**Hawley J.M.** (2006). *Textile recycling: a system perspective*. In Y. Wang (Ed) *Recycling in Textiles*. Woodfield Publishing Press. Cambridge, England.

**Haner S., Bartl A.** (2011). *Recovery of Apparel Waste*. Vienna University of Technology, Institute of Chemical Engineering. Austria. Available from <[http://www.iswa.org/index.php?eID=tx\\_iswaknowledgebase\\_download&documentUid=136](http://www.iswa.org/index.php?eID=tx_iswaknowledgebase_download&documentUid=136)>. 29 March 2015.

**Tojo, N., Kogg, B., Kiorbe, N. et al.** (2012). *Prevention of Textile Waste: Material flows of textiles in three Nordic countries and suggestions on policy instruments*. Nordic Council of Ministers.

**Palm D., Elander M., Watson D. et al.** (2014). *Towards a Nordic textile strategy: Collection, sorting, reuse and recycling of textiles*. Nordic Council of Ministers.

[5] **Istat database.** Available from <[http://www.istat.it/it/veneto/dati?q=gettableterr&dataset=DCIS\\_PO-PORESBIL1&dim=39,2,2,0&lang=2&tr=0&te=1](http://www.istat.it/it/veneto/dati?q=gettableterr&dataset=DCIS_PO-PORESBIL1&dim=39,2,2,0&lang=2&tr=0&te=1)>. 4 May 2015.

# Progetto “Raccoglincentro” – Un modello applicato di gestione dei rifiuti innovativo, flessibile e tracciabile per il Centro Storico del Comune di Perugia

*Massimo Pera [m.pera@gesenu.it](mailto:m.pera@gesenu.it), Marco Bagnini  
Gest Srl, Perugia*

## **Riassunto**

*Il Progetto Raccoglincentro applicato da Gest srl (Gruppo Gesenu spa) nel Centro Storico del Comune di Perugia, nasce da un'idea progettuale di adottare modelli evoluti di raccolta differenziata domiciliare in contesti urbanisticamente complessi quali i Centri Storici di città medievali. L'obiettivo della progettazione era quello di garantire un servizio di raccolta rifiuti domiciliare e tracciabile, nonché risolvere le criticità imposte dalla mancanza di spazi per il posizionamento dei contenitori. Elementi innovativi e sostanziali del progetto sono stati quelli di garantire all'utenza la possibilità di conferire i rifiuti con estrema flessibilità ed allo stesso tempo di assicurare la piena tracciabilità dei conferimenti nell'ottica della tariffa “puntuale”. Si tratta di un'esperienza unica ed innovativa in Italia, sia in termini di complessità del territorio servito, sia in termini di eterogeneità delle Utenze servite ed un elevato Turnover nelle Utenze dovuto alla presenza dei poli Universitari di Perugia per Italiani e Stranieri. L'applicazione di tale modello ha consentito di avere miglioramenti sostanziali sia in termini di incremento percentuale della Raccolta differenziata, sia in termini di qualità del rifiuto raccolto, miglioramento del decoro urbano e di recupero dell'evasione TARI.*

## **Summary**

*The Project Raccoglincentro applied by Gest srl (Gesenu spa Group) in the City town center of Perugia, was born from a project idea to adopt advanced models of household waste separation in complex urbanistic contexts such as centers of medieval city Historic. The aim of the design was to provide a waste collection service home and traceable, as well as overcome the difficulties imposed by the lack of space for the positioning of the containers. innovative and substantive elements of the project were to assure the users the opportunity to deliver its waste with extreme flexibility and at the same time to ensure the full traceability of contributions in view of the “weight rate”. This is a unique and innovative experience in Italy, both in terms of the complexity of the area served, both in terms of diversity of Utilities served and a high turnover in Utilities due to the presence University of Perugia poles for Italian and foreign. The application of this model has allowed to have substantial improvements both in terms of percentage increase in waste collection, both in terms of quality of the waste collected, improvement of urban quality and evasion TARI recovery.*

## 1. Introduzione

Il Modello di raccolta “Raccogli centro”, adottato nel Centro Storico cittadino di Perugia, è stato approvato il 25 Novembre 2015 con Delibera di Giunta Comunale del Comune di Perugia n. 357. È stato redatto dopo un’attenta analisi delle criticità riscontrate nel precedente servizio di raccolta rifiuti che prevedeva un modello di raccolta incentrato sull’utilizzo di sacchi in polietilene/mater-bi, di seguito descritte:

- non tutte le utenze domestiche utilizzavano i sacchi previsti e consegnati dal Gestore, creando problemi per quanto riguarda soprattutto la gestione dei rifiuti non conformi;
- inadeguatezza del sistema di raccolta per alcune tipologie di utenze non domestiche;
- presenza di sacchi in strada in diversi momenti della giornata che andavano a deturpare il decoro del Centro storico;
- rottura frequente dei sacchi con conseguente fuoriuscita di rifiuti a terra che potevano attirare topi e ratti, soprattutto nelle giornate di raccolta della Frazione Organica e del rifiuto Secco Residuo;
- scarsa flessibilità del sistema di raccolta rispetto alle reali esigenze delle utenze, sia domestiche che commerciali.

Pertanto, a partire dall’analisi delle suddette criticità, è stato elaborato il progetto “Raccogli centro” che ha previsto l’introduzione delle seguenti novità tecnologiche:

1. Adeguamento dei codici colore assegnati alle diverse tipologie di rifiuto, alle normative Europee, quali *Colore Grigio* per la raccolta del rifiuto Secco Residuo, *Colore Blu* per la raccolta differenziata di Carta e Cartone, *Colore Giallo* per la raccolta differenziata della frazione Multileggera (plastica e metalli), *Colore Marrone* per la raccolta differenziata della frazione organica e *Colore Verde* per la raccolta differenziata del Vetro Monomateriale;
2. Utilizzo di mastelli per la raccolta della frazione Organica, del rifiuto secco residuo e del vetro;
3. Attivazione della raccolta differenziata del vetro monomateriale, limitando la modalità multimateriale solo per le frazioni plastica e metalli, in linea con gli orientamenti normativi;
4. Adozione di modalità di raccolta differenziata mirate e differenti per le utenze domestiche, distinte tra abitazioni singole e condomini, con prelievi del rifiuto all’interno degli androni condominiali;
5. Adozione di modalità di raccolta differenziata mirate e differenti per macro tipologie di utenze non domestiche, calibrate in base alla reale produzione di rifiuti;
6. Raccolta sperimentale, flessibile ed itinerante con automezzi a doppia vasca su percorsi pre-stabiliti con fermate programmate, aggiuntivo rispetto al servizio base di raccolta domiciliare;
7. Impiego di attrezzature di raccolta (mastelli con RFID e trasponder RFID portatili) compatibili con sistemi di contabilizzazione degli svuotamenti in grado di consentire l’applicazione di modelli di tariffazione puntuale e di ridurre i fenomeni di evasione fiscale.

Le innovazioni introdotte dal sistema di raccolta “Raccogli centro” consentono di offrire ai cittadini un servizio più flessibile e meglio adattabile alle proprie necessità nonché di aumentare il livello di decoro urbano del Centro Storico di Perugia; infatti, i punti di forza del progetto, che rappresentano anche degli obiettivi raggiunti, sono quelli di seguito indicati:

- Miglioramento del decoro urbano dovuto alla minore esposizione dei sacchi nella fase di raccolta;
- Diminuzione dei rifiuti riversati a terra a causa delle rotture dei sacchi;
- Agevole separazione dei rifiuti all’interno delle abitazioni;
- Maggiore flessibilità del sistema di raccolta;
- Elevati livelli di Raccolta Differenziata;
- Miglioramento della qualità della Raccolta Differenziata;
- Tracciabilità dei conferimenti e applicazione potenziale del sistema di tariffazione puntuale;
- Misure di repressione per l’evasione fiscale TARI.

## 2. Descrizione del servizio di raccolta

### 2.1 Servizio per le Utenze Domestiche

Ad ogni utenza domestica sono stati consegnati un KIT di n. 3 mastelli impilabili dotati di transponder associato direttamente all'utenza TARI, rispettivamente dedicati al conferimento della frazione organica umida, del vetro monomateriale e del rifiuto secco residuo. Inoltre, ad ogni utenza domestica sono stati consegnati kit di sacchi per la raccolta della carta e della frazione multimateriale leggera (plastica e metalli) e una biopattumiera aerata, nonché un dispositivo transponder portatile a forma di portachiavi per poter conferire al servizio Raccogli-centro.

| MATERIALI   | DOM   | LUN   | MAR   | MER   | GIO   | VEN   |
|---|---|---|---|---|---|---|
|  PLASTICA E METALLI              |   |   |   |   |  |   |
|  CARTA, CARTONE E TETRA PAK      |   |   |  |   |   |   |
|  VETRO                           |   |   |   |   |   |  |
|  RIFIUTI ORGANICI                |  |   |   |  |   |  |
|  SECCO RESIDUO (indifferenziato) |   |  |   |   |   |   |

**Orario di esposizione:**  
20.00-22.00 del giorno indicato

**Orario di ritiro:** dalle 22.00 alle 04.00 del giorno successivo

Fig. 1 – Calendario di ritiro delle Utenze Domestiche

Nel caso di utenze domestiche riunite in condomini, sono state individuate, ove possibile, apposite aree condominiali denominate "Ecospazi" dove sono stati sistemati contenitori carrellati o trespoli in metallo muniti di codice identificativo RFID associato all'utenza collettiva condominiale, dedicati al conferimento delle diverse frazioni di rifiuto, che vengono utilizzati dagli utenti di tutto il condominio e svuotati in orario diurno, dalle ore 6,00 alle ore 12,00. Per alcuni **condomini** è stata lasciata la facoltà di scegliere, da parte degli utenti, di conferire il rifiuto organico in mastelli invece che all'interno dei contenitori condominiali.

| MATERIALI   | LUN   | MAR   | MER   | GIO   | VEN   | SAB   |
|---|---|---|---|---|---|---|
|  PLASTICA E METALLI              |   |   |   |   |  |   |
|  CARTA, CARTONE E TETRA PAK      |   |   |  |   |   |   |
|  VETRO                           |   |   |   |   |   |  |
|  RIFIUTI ORGANICI                |  |   |   |  |   |  |
|  SECCO RESIDUO (indifferenziato) |   |  |   |   |   |   |

Fig. 2 – Calendario di ritiro delle Utenze Domestiche in condomini

## 2.2 Servizio per le Utenze non Domestiche

Il Modello di servizio “RaccogliCentro” ha previsto per le utenze non domestiche una differente modalità di servizio e conseguente distribuzione dei contenitori, sulla base della reale produzione di rifiuti:

A) **Utenze non domestiche con elevata produzione di rifiuti:** fornitura di contenitori da 120 lt e/o sacchi di egual volumetria e consegna del trasponder portatile RFID di identificazione per l’accesso al servizio itinerante RaccogliCentro e/o per la tracciabilità del rifiuto secco residuo conferito agli operatori

B) **Utenze non domestiche con bassa produzione di rifiuti:** fornitura di kit di mastelli assimilabile ad utenza domestica.

Le 1.056 Utenze commerciali risultate attive nel Centro Storico del Comune di Perugia sono state suddivise come di seguito indicate in 6 Macrocategorie di produzione:

| MACRO CATEGORIA  | TOTALE       |
|--|--------------|
| 1. Attività Commerciali in genere (non alimentari)     | 382          |
| 2. Grandi Enti, scuole, ospedali banche                | 91           |
| 3. Hotel   | 29           |
| 4. Ristoranti, pizzerie, pub e bar                     | 182          |
| 5. Studi Professionali, uffici e associazioni, agenzie | 329          |
| 6. Supermercati, Alimentari e forni                    | 46           |
| <b>TOTALE</b>  | <b>1.056</b> |

**Tabella 1** - Macrocategorie di produzione delle attività commerciali operanti nel Centro Storico del Comune di Perugia

Per ciascuna macrocategoria è stato previsto uno specifico kit di contenitori/sacchi ed uno specifico calendario di ritiro delle differenti frazioni merceologiche, nonché il dispositivo RFID portatile per l’accesso al RaccogliCentro e/o la misurazione da parte dell’operatore dei conferimenti di rifiuto secco residuo, come di seguito dettagliato.

| MATERIALI   | LUN   | MAR   | MER   | GIO   | VEN   | SAB   |
|---|---|---|---|---|---|---|
|  PLASTICA E METALLI              |   |   |  |   |   |  |
|  CARTA E TETRA PAK               |  |   |   |  |   |   |
|  SECCO RESIDUO (Indifferenziato) |   |  |   |   |  |   |
| RACCOLTA CARTONE  | LUN   | MAR   | MER   | GIO   | VEN   | SAB   |
|  CARTONE                         |  |  |  |  |  |  |

**Fig. 3** – Esempio di calendario Macrocategoria Commerciale 1

Tuttavia, rispetto agli standard proposti, **più volte è stata riscontrata la necessità di modificare tale organizzazione, sulla base di specifiche esigenze delle utenze, valutate dettagliata-**

mente in fase di sopralluogo. Infatti, molte utenze (quali ristoranti, pub, pizzerie, ecc.) **non avevano la disponibilità di spazi** per allocare i contenitori al loro interno ed hanno richiesto servizi di raccolta giornalieri per tutte le frazioni merceologiche. Inoltre, la forte limitazione degli orari di apertura degli esercizi commerciali determinano dei vincoli logistici ed organizzativi nel servizio di raccolta, in relazione alla necessità di prelevare i rifiuti all'interno dei locali al fine della contabilizzazione degli stessi, indispensabile in vista dell'applicazione della Tariffazione Puntuale. Pertanto, si è reso necessario adattare orari di servizio differenti in funzione degli orari di apertura degli esercizi commerciali per poter eseguire il ritiro dei rifiuti all'interno delle attività.

### 2.3 Servizio "Raccoglincentro"

Il servizio itinerante "Raccoglincentro" è stato pensato per permettere a tutte le Utenze del centro storico (sia Domestiche che non Domestiche) maggiori possibilità di conferimento dei propri rifiuti, migliorando al contempo i livelli di raccolta differenziata.



Fig. 4 – Automezzo utilizzato per il Servizio Raccoglincentro e specifica Linee



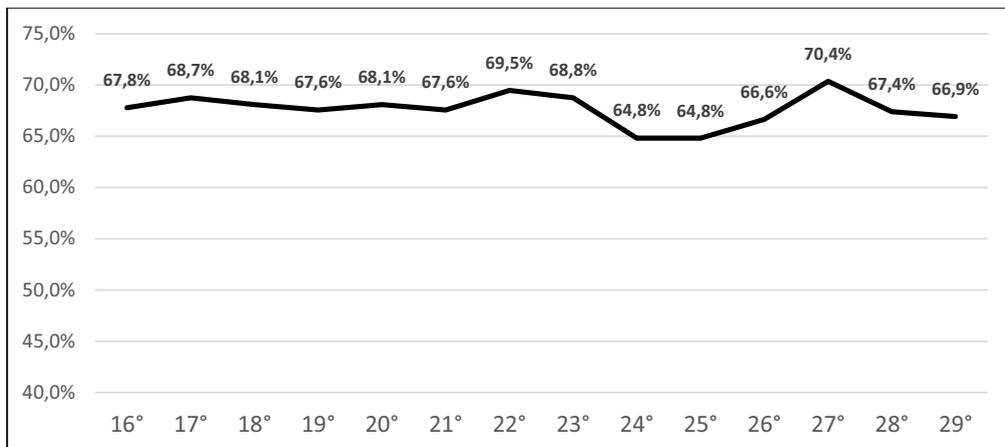
Fig. 5 – Trasponder portatile tipo portachiavi

“RaccoglinCentro” è un servizio innovativo di raccolta differenziata dei rifiuti che va ad aggiungersi al servizio domiciliare: 3 automezzi a doppia vasca in orario pomeridiano, dalle 14.00 alle 20.00 dal lunedì al sabato, percorrono il centro storico su tre circuiti distinti, linea blu, linea gialla e linea rossa, facendo soste programmate di 20 minuti, durante le quali gli utenti possono conferire sempre la frazione organica e la tipologia di rifiuto stabilita dal calendario di raccolta. Al fine di contabilizzare ogni singolo conferimento effettuato dai cittadini e/o dalle utenze commerciali al “Raccoglincentro” è stato utilizzato il sistema di lettura dei trasponder RFID portatili, precedentemente distribuiti alle Utenze.

### 2.4 Risultati Ottenuti

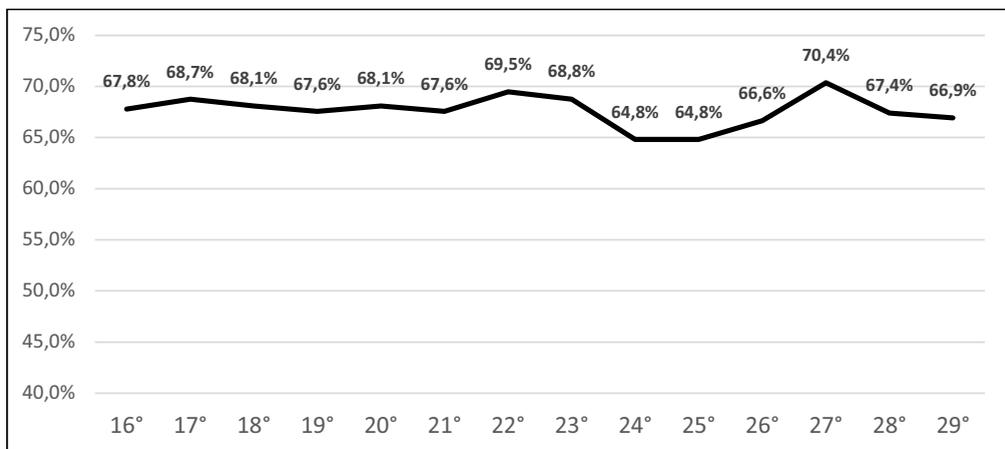
Il grafico seguente mette in correlazione l'andamento della percentuale di raccolta differenziata rilevata nel Centro Storico nelle prime 17 settimane dall'attivazione del servizio “Raccoglincentro”, con la media riscontrata durante il “vecchio” servizio. Si evidenzia un andamento percentuale sempre oltre il 60% fin dall'attivazione, con un deciso incremento dalla 15° setti-

mana grazie alla messa a regime delle utenze commerciali, raggiungendo percentuali intorno al 69%.



**Fig. 6 – Andamento % Raccolta Differenziata servizio “RaccogliCentro”**

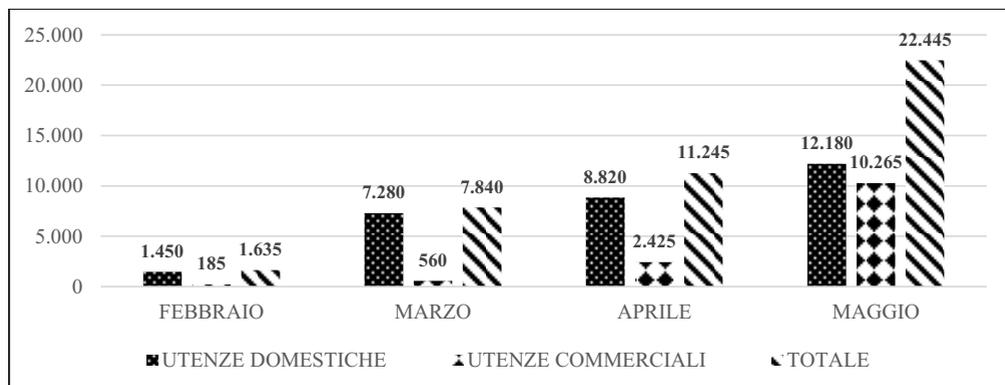
Dal grafico dei conferimenti settimanali del servizio itinerante “RaccogliCentro”, si evidenzia che in condizioni ottimali (settimane prive di festività, interruzioni del servizio o maltempo) il servizio si attesta intorno ai **963 utenti** conferitori, con un incremento medio rispetto alle prime settimane intorno al **20%**. È altresì evidente che nelle settimane caratterizzate da situazioni metereologiche avverse, le performance del servizio subiscono una diminuzione di circa **100/150** conferimenti.



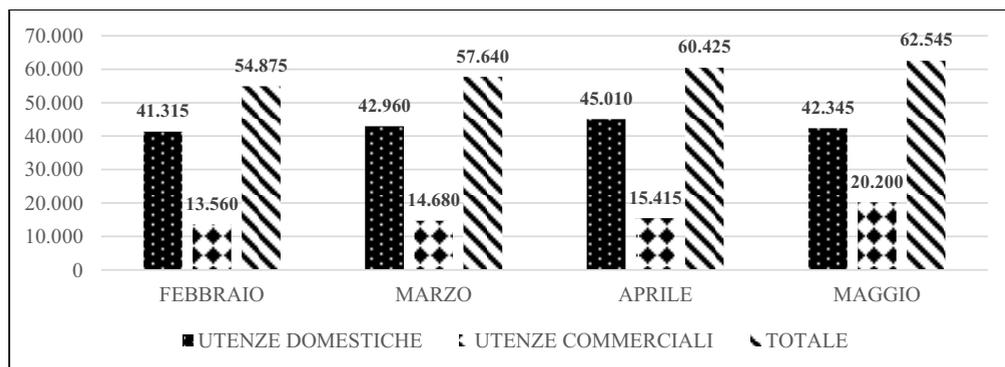
**Fig. 7 – Andamento conferimenti totali al Servizio itinerante RaccogliCentro**

Dai dati inerenti il vetro raccolto, è possibile evidenziare la crescita progressiva dei quantitativi raccolti nei primi tre mesi dall’attivazione del servizio, con un incremento sostanzioso dal mese di maggio, dovuto alla messa a regime del servizio per le Utenze Commerciali. I dati di maggio evidenziano un quantitativo totale di vetro raccolto pari a circa **22,5 Ton.**, dovuto per il **54,30%** ai conferimenti delle Utenze Domestiche e per il **45,70%** ai conferimenti delle

alle Utenze Commerciali. Dai quantitativi del mese di Maggio è possibile effettuare una stima annua del valore pro-capite di vetro raccolto pari a circa **29 Kg/ab**, in linea con gli obiettivi di raccolta pro-capite indicati dal COREVE e con i valori registrati in contesti più qualificati.



Con il nuovo servizio sono state introdotte importanti novità anche per quanto riguarda la raccolta della frazione organica, quali l'utilizzo del mastello rigido al posto del sacco e l'obbligo di conferimento di pannolini, pannoloni e materiale assorbente nel contenitore dedicato alla raccolta del rifiuto secco residuo. Come si evince dai grafici di seguito riportati, le azioni introdotte hanno portato miglioramenti sia in termini di quantitativi raccolti, che della qualità del rifiuto, con percentuali di frazioni estranee inferiori al 5% rispetto al 15% del 2015.



### 3. Conclusioni

Il servizio "RaccogliCentro" non è solo un punto di arrivo. È soprattutto un punto di partenza. La riuscita o meno di un modello di raccolta adottato sul territorio, non può più prescindere dalla collaborazione dei cittadini e delle attività commerciali coinvolte. Per permettere ciò è indispensabile progettare sistemi di raccolta differenziata flessibili, puntuali e tagliati su misura per le reali esigenze delle Utenze. Questo è il sistema "RaccogliCentro", un modello dinamico e flessibile, in continuo perfezionamento, grazie soprattutto alla partecipazione attiva della cittadinanza che, mediante gli strumenti di comunicazioni messi a disposizione, quali APP per smartphone, numero WhatsApp dedicato e Pagina Facebook, collabora con il Gestore nella cura e pulizia di uno dei centri urbani più belli d'Europa.

# Riciclo e valorizzazione di Polivinilbutirrale da parabrezza di veicoli

*Paolo Pozzi, [pozzi@unimore.it](mailto:pozzi@unimore.it), Rosa Taurino  
Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia*

## Riassunto

*Lo scopo del lavoro è lo studio di un possibile recupero e valorizzazione del polivinilbutirrale (PVB), ottenuto dallo smantellamento dei parabrezza dei veicoli che ad oggi, viene smaltito prevalentemente in discarica come rifiuto speciale. L'attività svolta si è concentrata sul recupero chimico del PVB tramite lo studio della fase di estrazione e purificazione chimica. La successiva fase ha riguardato lo studio delle applicazioni del polimero recuperato. In particolare si è sviluppato l'utilizzo come matrice nei materiali compositi, risultando una buona proposta di valorizzazione del rifiuto ed impiego.*

## Summary

*The scope of work is the study of a possible recovery and enhancement of the polyvinyl butyral (PVB), obtained from the dismantling of the windshields of vehicles that today is mainly land-filled as special waste. The activity was focused on the chemical recovery of PVB through the study of the phase of extraction and chemical purification. The next step involved the study of the application of the recovered polymer. In particular, it has developed to be used as matrix in composite materials, resulting in a good draft recovery of waste and use.*

## 1. Introduzione

Il Polivinilbutirrale (PVB) è un polimero termoplastico con elevata trasparenza, resistenza a freddo, all'urto e all'irradiazione ultravioletta, la struttura chimica è riportata in Figura 1.

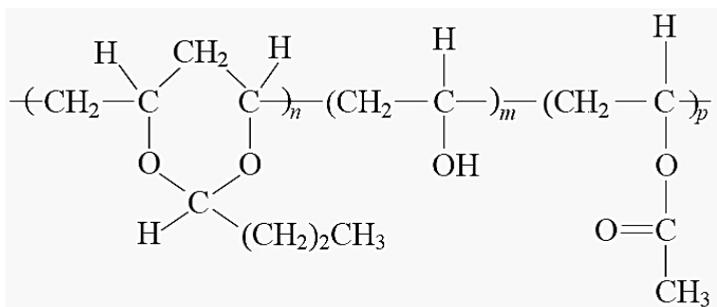
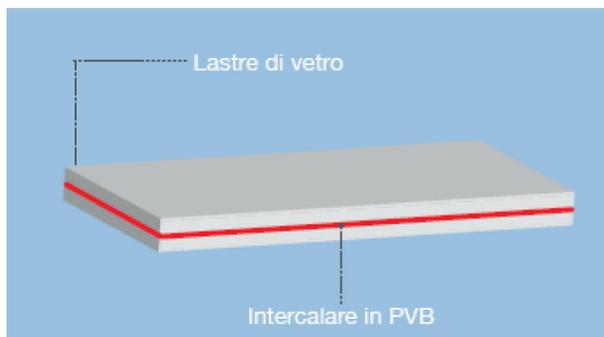


Fig.1 – Formula del PVB

Per queste caratteristiche è impiegato, opportunamente plastificato ed additivato, sotto forma di pellicola nei vetri laminati. Il film polimerico trasparente, è utilizzato nei parabrezza, e ha

lo scopo di mantenere uniti i due strati di vetro impedendo la propagazione di fratture tra uno strato e l'altro. Esso viene applicato a caldo e in pressione in modo da incollarle stabilmente ed evitare la presenza di bolle d'aria. Il sottile strato polimerico aumenta, inoltre, l'isolamento acustico e riduce del 99% la trasparenza alla luce ultravioletta. In Figura 2 si può osservare la composizione del vetro laminato impiegato come parabrezza nelle autovetture.



**Fig. 2** – Esempio di parabrezza

Il PVB sotto forma di resina in polvere trova altre applicazioni:

- Nei materiali compositi, grazie alla sua facilità di applicazione, flessibilità e adesione alla maggior parte dei rinforzi (fibra di carbonio, fibre aramidiche, fibra di vetro).
- In ceramica come legante temporaneo nella fabbricazione di componenti elettronici.
- In vernici, adesivi e primers, grazie alla buona capacità di adesione a vetro e ai metalli oltre alle proprietà di anticorrosione.
- Negli inchiostri come legante per i pigmenti.

Allo stato liquido è utilizzato come collante e vernice coprente su prodotti tessili, esso infatti ne rende impermeabile la superficie determinando una maggiore resistenza allo sporco e una maggior tenuta di colore. La problematica principale legata all'impiego del PVB nei parabrezza è lo smaltimento finale. Al termine della fase di smantellamento dell'autovettura ed in particolare del parabrezza, si ottiene un prodotto sporco e difficile da lavorare ad oggi, in Italia, non si è trovata ancora una soluzione riguardo la trasformazione ed il recupero del PVB da matrice vetrosa

## 2. Relazione

Lo studio è iniziato con una preventiva caratterizzazione del rifiuto, necessaria per definirne non solo la composizione ma anche le prove da svolgere in un secondo tempo. Il rifiuto è stato fornito dallo stabilimento Eurovetro di Origgio (Va) e sottoposto a una analisi merceologica per l'individuazione dei diversi materiali. Nella immagine (foto 1) è possibile vedere come la composizione iniziale del rifiuto sia molto eterogenea, non è presente esclusivamente PVB ma anche gomma, carta, altri tipi di polimeri, metallo, sabbia e soprattutto vetro, il dato è atteso in quanto il polivinilbutirrale deriva dallo smantellamento dei parabrezza di auto. Il polimero è pertanto ricco di impurità e per questo motivo in genere è inviato, come rifiuto speciale, in discarica o termovalorizzatore.



**Foto 1** – Immagine PVB recuperato

Sul materiale si è operata un'analisi merceologica con l'ausilio dell'analisi in IR, sulle singole frazioni presenti ottenendo come risultato la seguente composizione:

| <b>materiale</b> | <b>%</b> |
|------------------|----------|
| PVB              | €75      |
| Altri materiali  | €25      |

**Tab. 1.**– *Composizione rifiuto*

Questo dato porta come risultato che la messa a punto della fase di purificazione del PVB risulta fondamentale per potere arrivare al suo riutilizzo, si è pertanto impostata un'attività basata su due steps, il primo di purificazione del PVB basata su trattamento in soluzione acquosa. Il secondo a seguire con un trattamento di dissoluzione del PVB in solventi organici per ottenere il recupero di PVB purificato.

### 2.1 Pulizia e recupero PVB

Il rifiuto è stato preventivamente macinato e setacciato, per ottenere un materiale a granulometria controllata compresa tra 1mm e 500 µm, su questo materiale sono state effettuati trattamenti utilizzando soluzioni di acqua con diverse % di CaCl<sub>2</sub> per produrre le soluzioni a differente densità riportate in tabella 2, lo scopo era ottenere una prima purificazione del PVB dagli altri materiali presenti, tramite decantazione controllata.

| <b>Densità</b>         |
|------------------------|
| 1,05 g/cm <sup>3</sup> |
| 1,06 g/cm <sup>3</sup> |
| 1,09 g/cm <sup>3</sup> |

**Tab.2** – *Densità soluzioni impiegate*

Le prove sono state condotte con 100 g di rifiuto macinato, disperso in soluzione sotto agitazione per 30 minuti e lasciato decantare per altrettanto tempo. Il risultato finale ha mostrato

che con la soluzione a  $1,09 \text{ g/cm}^3$  si ottiene una efficiente separazione tra PVB e altri materiali, con in particolare il recupero di circa 80 gr di PVB dai 100 gr utilizzati. Per terminare l'operazione di purificazione questa frazione è stata trattata con acqua a  $100^\circ \text{C}$  per 1 h ottenendo il materiale riportato in foto 2. Questa fase di trattamento finale è stata necessaria per eliminare residui di silice e altri inorganici ancora presente nel PVB dopo decantazione.



**Foto 2** – PVB dopo fase di decantazione e lavaggio

La fase successiva alla purificazione, ha riguardato la solubilizzazione del PVB in solvente per ottenere una soluzione del polimero ad alta purezza. Lo scopo è quello di ottenere una sospensione di PVB, che ne permetta il riutilizzo, infatti risulta non praticabile la strada del recupero termo-meccanico, pertanto l'unica possibilità di riutilizzo è come pasta o adesivo a solvente. Date le caratteristiche del PVB (polimero polare) si è optato per provare a utilizzare solventi come alcool metilico, e acetone, le prove sono state condotte secondo le proporzioni indicate in tabella 3, operando in pallone con refrigerante a ricadere per 4 ore a  $80^\circ\text{C}$ .

| RAPPORTO | SOLVENTE         |
|----------|------------------|
| 1:4      | Metanolo         |
| 1:6      | Metanolo         |
| 1:4      | Acetone          |
| 1:6      | Acetone          |
| 1:6      | Acetone+metanolo |

**Tab. 3** – Elenco prove di dissoluzione effettuate

Dalle prove si osserva che la dissoluzione ha avuto buon successo con il metanolo e con l'acetone in rapporto 1:4 con rendimenti nella dissoluzione superiori al 50% di materiale solubilizzato.

### 2.2 Produzione compositi

Le colle ottenute sono state utilizzate per produrre materiali compositi, nello specifico si è scelto di continuare a lavorare con l'acetone e in particolare di impiegare il rapporto 1:4 PVB-solvente. L'acetone infatti comporta meno complicazioni a livello di trattamento e smal-

timento industriale rispetto al metanolo. L'impiego su cui si è lavorato è la realizzazione di compositi con fibre di vetro utilizzando il PVB come matrice. I compositi sono stati ottenuti tramite impregnazione manuale di tessuti in fibra vetro con successivo trattamento in stufa a 70°C per 4 ore. Sui campioni ottenuti sono state effettuate prove di trazione ottenendo i risultati illustrati in tabella 4 confrontati con il tessuto di vetro tal quale.

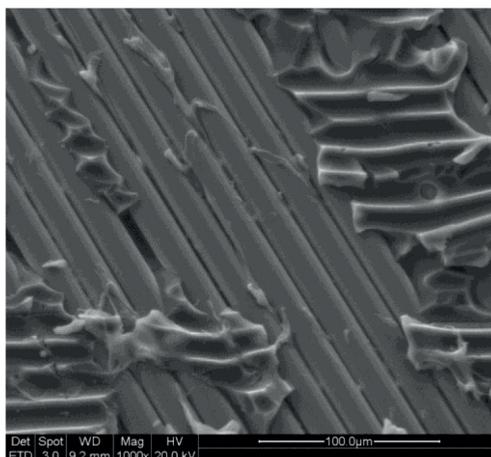


**Foto 3** – Prova di trazione su composito PVB/Fibra vetro

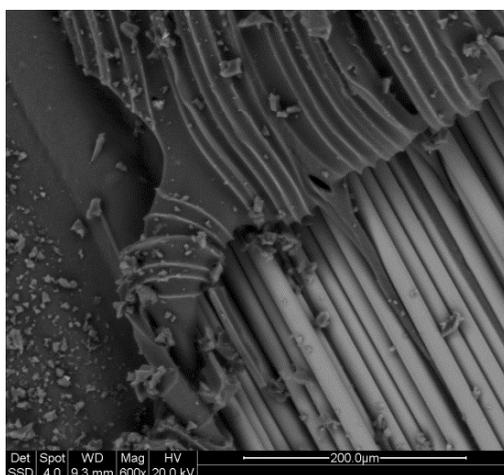
|             | Sforzo in trazione a massimo carico (MPa) | Sforzo in trazione a resistenza a trazione (MPa) | % di allungamento a resistenza a trazione (%) | Allungamento alla rottura (mm) |
|-------------|---|--|---|--------------------------------|
| Tessuto tq  | 2,71                                      | 2,71   | 3,72  | 49,60                          |
| PVB+tessuto | 11,50                                     | 11,50  | 5,66  | 43,92                          |

**Tab. 4** – Risultati prove a trazione su campioni di composito

Dal confronto risulta evidente come la sforzo a trazione di massimo carico applicato ai provini sia circa quattro volte superiore nel materiale composito rispetto al tessuto tal quale. Questo vale anche per la resistenza a trazione, la valutazione è stata fatta sui valori medi dei campioni sottoposti alla prova. Anche il valore % di allungamento a resistenza a trazione del composito pari a 5,66% supera quello del tessuto pari a 3,72%. La successiva analisi del materiale in microscopia elettronica è possibile osservare come il PVB sia penetrato bene all'interno del tessuto e abbia impregnato e avvolto le fibre di vetro foto 4. In particolare nella zona in cui si è strappato il campione si vede come lo strato di PVB si sia arricciato verso l'alto e separato dal tessuto foto5.



**Foto 4** – Immagine SEM dell'adesione PVB fibra vetro



**Foto 5** – Immagine SEM della zona di rottura del composito PVB/Fibra vetro

### Conclusioni

Le prove hanno comportato risultati soddisfacenti, per l'applicazione del PVB recuperato nei materiali compositi con le fibre di vetro. Dal punto di vista della fattibilità in azienda del processo di recupero del materiale dal vetro di scarto dei parabrezza, esso risulta semplice e comporta i seguenti passaggi:

- separazione meccanica dal vetro
- lavaggio della pellicola polimerica
- macinazione del PVB
- separazione per densità del PVB da residui e altri materiali presenti
- miscelazione e dissoluzione del PVB in acetone
- recupero del solvente

Inoltre con apparecchiature di grandi dimensioni e più efficienti di quelle impiegate in laboratorio sicuramente permettono di ottenere il PVB con una qualità ancora maggiore di quella sperimentalmente verificata e di utilizzare minor quantità di solvente nella fase di dissolu-

zione. Il PVB utilizzato è stato quello derivante dallo smantellamento dei parabrezza degli autoveicoli ma la tecnica utilizzata può essere utilizzata anche per il recupero e valorizzazione del PVB derivante da altri scarti come i pannelli fotovoltaici.

### **Bibliografia**

[1] **Riccardo Pasquesi**, *Tesi: Studio del polivinilbutirrale (PVB):utilizzi, trattamenti e recupero.*

[2] **SHIM, Jong-Woo, NAHM, Ho Huyn**, *Hotmelt using the recycling method and the PVB film reproduced for the method of the PVB film (1014391330000).*

# Valorizzazione energetica di sottoprodotti della filiera agroindustriale in digestione anaerobica: prove di laboratorio con reattori sperimentali

*Mariangela Soldano, [m.soldano@crpa.it](mailto:m.soldano@crpa.it), Nicola Labartino, Claudio Fabbri, Sergio Piccinini  
Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA Lab, Sezione Ambiente ed Energia - Reggio Emilia*

## **Riassunto**

*Nell'ambito del progetto LIFE+ Biomether sulla promozione della filiera del biometano in Emilia-Romagna, è stata svolta una prova sperimentale in laboratorio con un reattore pilota di digestione anaerobica per la produzione di biogas, caricato con scarti e sottoprodotti provenienti dall'industria alimentare. Il monitoraggio del processo biologico e i risultati ottenuti dal test confermano l'interesse per questa tipologia di scarto nella trasformazione in biometano e, nell'ottica di un modello di economia circolare, diventa una risorsa per le aziende valorizzandone il riutilizzo, invece che rappresentare un problema di smaltimento.*

## **Summary**

*The LIFE + Biomether project promotes biomethane in Emilia-Romagna region. It was carried out a laboratory test with an anaerobic digestion pilot reactor for biogas production, loaded with residues and by-products from the food-industry. The monitoring of the biological process and the test results obtained confirm the interest in this type of residues in the transformation into biomethane and, the perspective of a circular economy model, becomes a resource to enhance its reuse, rather than a disposal problem.*

## **1. Introduzione**

In Italia esistono diverse filiere che si stanno sviluppando in modo concreto su un modello produttivo di economia circolare e l'utilizzo del biometano (ottenuto dalla purificazione del biogas) quale biocombustibile avanzato per l'autotrazione ne è un esempio. L'Italia è il terzo produttore al mondo di biogas da digestione anaerobica di biomasse agricole, possiede il parco veicoli a metano più grande d'Europa e una rete di distribuzione capillare su quasi tutto il territorio nazionale [1].

L'industria alimentare produce ingenti quantità di sottoprodotti e scarti agro-industriali di interesse per la valorizzazione energetica; si tratta di scarti organici liquidi e/o semisolidi di diversa categoria di provenienza (industria della carne, del latte e derivati, di trasformazione di prodotti vegetali). Il recupero di questi scarti tramite biotecnologie quali la digestione anaerobica, necessita, oltre la conoscenza delle caratteristiche merceologiche, dei quantitativi e della diffusione nel territorio, la valutazione della loro qualità attraverso l'analisi della composizione chimica, la misura del potenziale metanigeno e lo studio di processo, per poi

essere utilizzati come co-substrati nella codigestione di effluenti zootecnici, colture dedicate e/o fanghi di depurazione [2].

Nell'ambito del progetto LIFE+ Biomether ([www.biomether.it](http://www.biomether.it)) sulla promozione della filiera del biometano in Emilia-Romagna è stata svolta, presso il laboratorio del CRPA Lab, una prova sperimentale con un reattore pilota per la produzione di biogas, caricato con un refluo costituito da scarti e sottoprodotti dell'industria alimentare, normalmente utilizzato in un impianto di biogas in scala reale. Nell'ottica di un modello di economia circolare questa tipologia di scarto, che rappresenta spesso un problema di smaltimento per le aziende produttrici, diventa risorsa per realizzare altri beni o servizi valorizzando così il riutilizzo di materia e puntando alla minor produzione di rifiuti possibile. Inoltre in una seconda fase della prova è stato caricato anche uno scarto proveniente dalla filiera vitivinicola, la vinaccia esausta, la cui valorizzazione energetica per la produzione di biogas rappresenta una valida soluzione sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economica.

## 2. Materiali e metodi

La prova sperimentale è stata condotta con la strumentazione in dotazione presso il CRPA-Lab, costituita da reattori pilota di digestione anaerobica con carico giornaliero in continuo che simulano operativamente gli impianti di biogas in scala reale. Il reattore utilizzato per la prova ha una capacità di 24 litri ed è dotato di sensori per la misura della pressione generata all'interno dello spazio di testa dovuta alla produzione di biogas. Tramite elettrovalvole la sovrappressione viene sfatata periodicamente. La composizione del biogas generato viene determinata per mezzo di un analizzatore di gas, Geotechnical Instruments, in termini di percentuale di CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e di concentrazione di H<sub>2</sub>S. Il processo è stato svolto in condizioni mesofile (40°C). Il reattore è stato alimentato con il refluo tramite un sistema di carico e il digestato estratto con una siringa posta alla base del reattore. È presente un sistema di miscelazione per evitare la formazione di croste e per favorire il processo degradativo. La prova è stata avviata utilizzando come inoculo il digestato prelevato presso l'impianto di biogas che carica la stessa biomassa, in modo da avere a disposizione la flora microbica specifica e favorire il processo biologico. L'attività di monitoraggio della prova ha visto un piano di campionamento che permette di controllare tramite il digestato scaricato le condizioni del processo biologico, come l'equilibrio fra acidità e alcalinità, il pH e la composizione chimica. Sono state misurate le quantità e le caratteristiche chimiche delle biomasse utilizzate per il carico [3].

La prova è stata effettuata utilizzando un refluo costituito, in differenti proporzioni, da scarti provenienti da processi di lavorazione dell'industria alimentare di diversa provenienza, quali:

- fanghi da impianti di trattamento reflui da macello (suini, bovini) [28%];
- fanghi da impianti di trattamento reflui da macello (avicolo) [12%];
- uova [7%];
- matrici da industria lattiero-casearia [26%];
- matrici da industria dolciaria e della panificazione [3%];
- matrici da settore ortofrutticolo (piselli, spinaci, fagiolini) [10%];
- matrici da settore conserviero (pomodori), da settore della lavorazione delle olive dei frantoi, da settore vinicolo [14%].

I prodotti provenienti dai macelli non appartengono alla categoria dei SOA (sottoprodotti di origine animale) ma sono fanghi di depurazione che non necessitano di pastorizzazione. Gli scarti sono stati conferiti all'impianto previa sgrigliatura di 6 mm.

Nella seconda fase della prova, in miscela al refluo è stata caricata nel reattore pilota la vinaccia esausta (per il 62% della sostanza organica al carico) per valutarne l'efficacia in termini di resa in biogas e di fattibilità di processo. La vinaccia esausta senza vinaccioli è costituita da bucce e raspi dell'uva, in uscita dalla fase di lavorazione in distilleria (per asportare alcool e zuccheri).

### 3. Risultati e discussione

Il test nel complesso ha avuto la durata di 92 giorni. Nella **Tab. 1** sono riportate le quantità dei prodotti utilizzati, suddivisi per quantità, solidi totali e solidi volatili. Il carico organico volumetrico (COV), che esprime la quantità di solidi volatili caricati per giorno e per metro cubo di reattore anaerobico, con alimentazione del solo refluo è risultato mediamente pari a 1,79 kgSV/ m<sup>3</sup>/giorno, nella seconda fase con aggiunta di vinaccia 2,88 kgSV/ m<sup>3</sup>/giorno; il tempo di ritenzione idraulica (HRT) è stato pari a 31 giorni (37 giorni con vinaccia).

| Matrice       | Quantità     | Solidi Totali | Solidi Volatili |
|---------------|--------------|---------------|-----------------|
|               | [kg]         | [kg]          | [kg]            |
| Refluo        | 40,25        | 3,03          | 2,25            |
| Vinaccia      | 3,83         | 0,99          | 0,93            |
| <b>Totale</b> | <b>44,08</b> | <b>4,02</b>   | <b>3,18</b>     |

**Tab. 1** – Quantità totale di prodotti utilizzati (tal quale, solidi totali, solidi volatili)

Il refluo prelevato presso l'impianto e conservato in congelatore a -20°C, è stato caratterizzato chimicamente e le analisi riportate in **Tab.2**.

| Refluo<br>(n=3 campioni) | Solidi Totali<br>[g/kg <sub>tq</sub> ] | Solidi Volatili<br>[g/kg <sub>tq</sub> ] | Solidi Volatili<br>[% ST] |
|--------------------------|--|--|---------------------------|
| Media                    | 75,41                                  | 56,00                                    | 74,26                     |
| Dev.St.                  | 3,55                                   | 2,61                                     | 0,0                       |

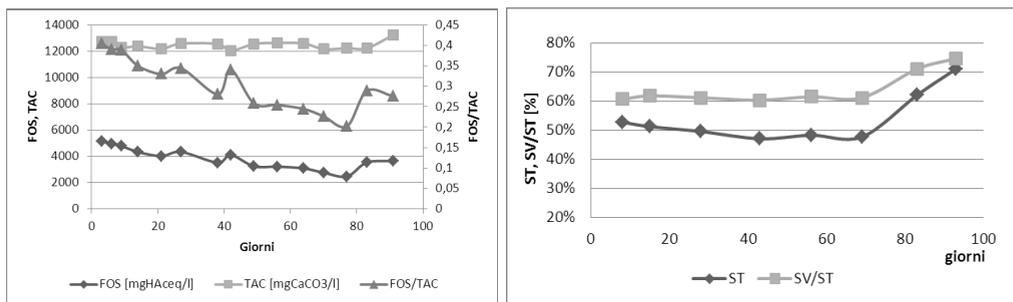
**Tab.2** – Caratteristiche chimiche del refluo agro-industriale: media e deviazione standard

Dopo circa due mesi di prova insieme al refluo è stata caricata la vinaccia esausta. I rapporti che hanno costituito la miscela e le analisi chimiche delle biomasse sono riportate in **Tab. 3**.

|          | Solidi Totali [% tq] | Solidi Volatili [% ST] | % in peso | % Solidi Volatili |
|----------|----------------------|------------------------|-----------|-------------------|
| Refluo   | 7,54                 | 74,26                  | 44        | 38                |
| Vinaccia | 25,83                | 94,05                  | 56        | 62                |
| Miscela  | 15,25                | 88,39                  | -         | -                 |

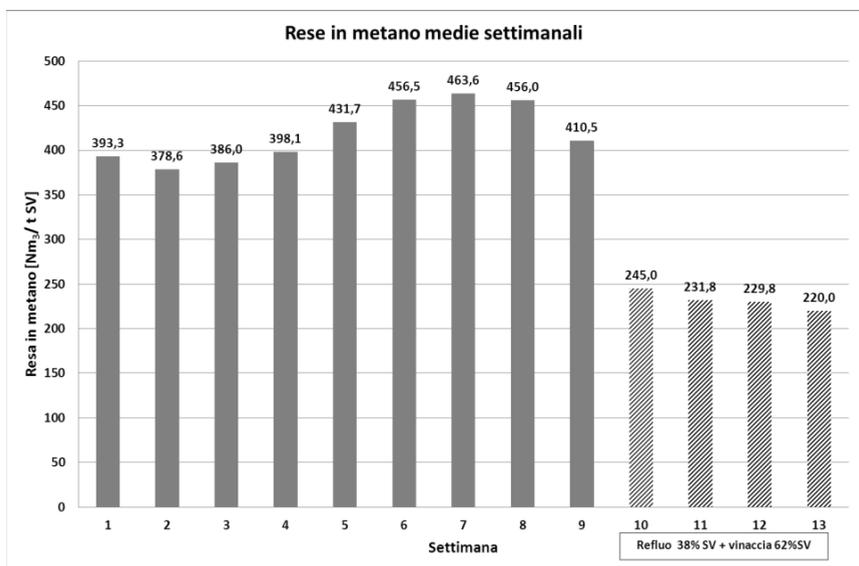
**Tab.3** – Caratteristiche chimiche e composizione della miscela "Refluo: vinaccia"

Il digestato presente all'interno del reattore è stato caratterizzato per i diversi parametri indicatori dell'equilibrio chimico del processo biologico. I valori rilevati di acidità totale (FOS), riportati in grafico di **Fig. 1**, sono più alti nella fase di avvio (5.155 mg HAcq/l) per poi calare dopo circa un tempo di ritenzione rientrando nel range ottimale tra 2.500-4.000 mg HAcq/l. I valori di alcalinità (TAC) sono lineari nel tempo e compresi nel range tra 10.000-13.000 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Il rapporto tra i due parametri (FOS/TAC) che indica l'equilibrio e la stabilità delle diverse fasi di processo è in media nell'intero periodo pari 0,30. Nelle prime settimane si osservano valori più alti pari a 0,39. Il pH nell'intero periodo di prova è mediamente 7,83.



**Fig. 1** – Grafico di sinistra: andamenti del FOS, del TAC e del rapporto FOS/TAC. Grafico di destra: concentrazione di solidi totali e solidi volatili in rapporto ai solidi totali (SV/ST) nel digestato

Nel secondo grafico di **Fig.1** si riportano i valori nel tempo di solidi totali (ST) mediamente presenti nei campioni di digestato estratto quotidianamente e il rapporto dei solidi volatili su i solidi totali. La concentrazione dei solidi totali è lineare e leggermente in calo passando dal 5,2% al 4,7%; con l'aggiunta di vinaccia si osserva un evidente aumento del tenore della sostanza secca all'interno del reattore fino a raggiungere il valore del 71%, dovuto alla difficoltà di degradazione di un substrato caratterizzato da un alto contenuto di lignina nei raspi [4]. Per il rapporto SV/ST (solidi volatili in rapporto ai solidi totali) si passa invece da valori medi e costati del 61% nella fase del carico con solo refluo al 74,7% con il carico della vinaccia. La percentuale di metano media misurata nella fase di alimentazione con solo refluo è elevata pari al 70,4%, dovuta alla componente proteica e lipidica presente in alcuni degli scarti che lo costituiscono (fanghi macello, uova, scarti lattiero caseari); successivamente, quando una quota della sostanza organica del refluo è sostituita con quella della vinaccia, la percentuale risulta inferiore e pari al 66,1%. Considerando la produzione di biogas misurata settimanalmente, la percentuale di metano e la quantità di solidi volatili caricati, si calcola la resa di conversione biologica in metano settimanale della biomassa riportata nel grafico di **Fig. 2**.



**Fig. 2** – Rendimenti in metano settimanali

Le rese in metano ottenute dal solo refluo agro-industriale risultano nelle prime settimane di prova, inferiori alle aspettative di circa il 14% (in media  $389 \text{ Nm}^3\text{CH}_4 \cdot \text{kgSV}^{-1}$ ) per poi aumentare nel successivo periodo a valori in media di  $444 \text{ Nm}^3\text{CH}_4 \cdot \text{kgSV}^{-1}$ , in linea anche con il risultato ottenuto dall'analisi del potenziale metanigeno (BMP) con test in batch pari a  $446 \text{ Nm}^3\text{CH}_4 \cdot \text{kgSV}^{-1}$ . Questi dati corrispondono nel tempo ai valori di acidità riscontrati nel digestato e del rapporto FOS/TAC, più alti nelle prime settimane rispetto a quelli misurati successivamente. Probabilmente, seppur utilizzato un inoculo specifico proveniente da un impianto che utilizza lo stesso refluo, in scala di laboratorio la notevole variabilità di questo prodotto ricco in lipidi e proteine, ad elevata densità energetica, ha comportato problemi di degradabilità e di instabilità biologica nella fase iniziale del test.

L'utilizzo della vinaccia in miscela al refluo (contribuendo per il 62% al carico organico) ha determinato un calo della resa in metano ( $232 \text{ Nm}^3\text{CH}_4 \cdot \text{kgSV}^{-1}$ ) per la presenza di frazioni fibrose e lignina difficilmente degradabili. Considerando la resa in metano del refluo e della miscela e la quota di sostanza organica delle due componenti è stato calcolato il rendimento in metano della sola vinaccia pari a  $102 \text{ Nm}^3\text{CH}_4 \cdot \text{kgSV}^{-1}$ , in linea con valori di bibliografia [5].

#### 4. Conclusioni

I risultati dell'indagine confermano che i residui organici provenienti dal settore dell'industria agro-alimentare, sono interessanti sia per la qualità che per la potenzialità energetica e spesso idonei alla trasformazione in biometano attraverso il processo di digestione anaerobica, e validi in un modello di energia circolare. Data la variabilità della composizione di questi prodotti è necessario prima dell'utilizzo in impianto e in co-digestione con altri substrati, la conoscenza del comportamento degli stessi in digestione anaerobica, l'analisi delle caratteristiche chimiche, l'analisi del potenziale metanigeno e lo studio del processo biologico tramite prove in scala di laboratorio per definire le reali quantità necessarie per dimensionare l'impianto, valutare in modo adeguato i costi di approvvigionamento e di gestione degli scarti e impostare dei piani di alimentazione che garantiscano un processo biologico efficiente e regolare nel tempo. La degradabilità della vinaccia esausta può essere particolarmente influenzata dalla tipologia della stessa e anche dall'eventuale trattamento di distillazione a cui possono essere sottoposte. Comunque, dai risultati ottenuti emerge che un prodotto caratterizzato da un alto contenuto di fibra è poco idoneo alla digestione anaerobica ma la possibilità di applicare un pretrattamento potrebbe determinare benefici sia in termini di produzione di biogas che un miglioramento della miscelazione come conseguenza dell'effetto disgregativo [6].

#### Bibliografia

- [1] Garuti M., La visione di un socio ANBI. Prometheus Magazine EFIB. 24 novembre 2015 <http://www.prometeusmagazine.org/wordpress/2015/11/24/efib2015-la-visione-di-un-socio-anbi/>.
- [2] Soldano M., Labartino N., Fabbri C., Piccinini S. (2012) – Biochemical methane potential (BM) test of residual biomass from the agro-food industry. Proceedings 20th European Biomass Conference and Exhibition pp. 1420 – 1423.
- [3] Rossi L., Soldano M., Piccinini S., 2013. Biogas da sanse e pastazzo d'agrumi: risultati di un test in continuo in impianto sperimentale. Atti di Ecomondo. Maggioli Editore, 234-240.
- [4] Dinuccio E., Balsari P., Gioielli F., Menardo S., 2010. Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses. Bioresource Technology, 101, 3780-3783.
- [5] Araldi, F., Zagni, M., Failla, S., Restuccia, A., 2009. Vinacce, da scarto industriale a Risorsa per produrre biogas. L'Informatore Agrario 10, Supplemento Energia rinnovabile, 20-23.
- [6] Garuti M., Fabbri P., Piccinini S., 2015. Effetto della cavitazione idrodinamica su sottoprodotti agroindustriali utilizzabili in digestione anaerobica. Atti di Ecomondo. Maggioli Editore, 23-28.

# Valorizzazione dei residui industriali – Impianto Valchiria

Renato Baciocchi, Giulia Costa, Paola Librandi, Milena Morone (università Tor Vergata)  
Stefano Stendardo [stefano.stendardo@enea.it](mailto:stefano.stendardo@enea.it), Stefano Cassani, Leandro Pagliari, Mirko Nobili  
(ENEA)

## Sommario

*Le attività condotte nell'ambito di un contratto di ricerca stipulato tra ENEA ed il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" hanno avuto come obiettivo l'applicazione in scala pilota del processo di carbonatazione accelerata (mineral carbonation) di residui industriali alcalini come opzione tecnologica per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>. In accordo a quanto previsto la ricerca è stata strutturata in due fasi:*

*-Fase A: finalizzata alla selezione e caratterizzazione dei residui industriali maggiormente idonei.*

*-Fase B: finalizzata alla valutazione delle prestazioni del processo di carbonatazione in scala pilota. Per quanto concerne la prima fase, sono state selezionate, per le loro caratteristiche chimico-fisiche, mineralogiche e disponibilità su scala nazionale ed internazionale, le scorie generate dalle unità BOF (Basic Oxygen Furnace) di un'acciaieria a ciclo integrato.*

*Nella seconda fase dell'attività di ricerca sono stati effettuati test di granulazione/carbonatazione su scala pilota. I test sono stati condotti alle temperature di 34, 37 e 50 °C con un contenuto di CO<sub>2</sub> nel gas flussato all'interno del reattore pari rispettivamente al 40, 46 e 40% (il complemento a 100 è azoto). Il campione ottenuto al termine di ciascuna prova è stato sottoposto a curing in aria a condizioni controllate (T=25 °C e RH=100%) per almeno 12 giorni ed analizzato in termini di distribuzione granulometrica, CO<sub>2</sub> uptake e comportamento ambientale.*

## Summary

*The activities carried on within a common funded research framework between ENEA and the Department of civil engineering and computer science engineering of the University of Rome 'Tor Vergata' aimed at studying the accelerated mineral carbonation process of alkaline industrial residues as a technological option for the final disposal of CO<sub>2</sub> at pilot scale. The experimental campaign has been broken down into two steps:*

*-step A: selection and characterisation of industrial residues as potential candidates for the mineral carbonation;*

*-step B: evaluation of the mineral carbonation performances at pilot scale.*

*During the step A, slag coming out the basic oxygen furnace of steel mill has been selected due to its chemical and physical characteristics as potential candidate for mineral carbonation. During step B, carbonation with simultaneous granulation test have been conducted at pilot scale. Different operating temperature have been selected (34, 37, 50 degC) with a reacting atmosphere composed of 40 %, 46 % 40% v/v CO<sub>2</sub> (N<sub>2</sub> balance). As soon as the experimental runs ended the yielded material has been cured under controlled atmosphere (25 degC and 100% relative humidity) for 12 days at least. After this period the materials have been characterised with regards to the particle size distribution, CO<sub>2</sub> uptake capacity and environmental impact.*

## 1. Introduzione

Per il settore energetico e altri comparti industriali, quali in particolare la siderurgia e l'industria del cemento, i processi di cattura e stoccaggio della  $\text{CO}_2$  rappresentano allo stato attuale una strategia indispensabile per ottenere una riduzione significativa delle emissioni di questo gas serra. Tra le tecniche di stoccaggio dell'anidride carbonica attualmente investigate, appare di particolare interesse il processo di mineralizzazione attraverso il quale la  $\text{CO}_2$  viene fatta reagire con matrici contenenti ossidi o silicati di metalli alcalino terrosi formando un prodotto solido (carbonato di calcio o magnesio). Tale processo, detto di carbonatazione, può essere realizzato impiegando minerali puri o di scarto (in particolare silicati di magnesio come l'olivina o silicati di calcio come la wollastonite), nonché residui solidi alcalini prodotti da processi industriali di vario tipo. Questi ultimi presentano una serie di vantaggi rispetto ai minerali; in primo luogo sono tipicamente disponibili in grandi quantità negli stessi siti di emissione della  $\text{CO}_2$ , inoltre sono generalmente caratterizzati da una maggiore reattività rispetto alla  $\text{CO}_2$ , consentendo di operare a condizioni meno severe e senza necessità di pretrattamento. Infine il processo di carbonatazione può rappresentare uno step di valorizzazione dei residui, migliorandone le proprietà ambientali e consentendone il riutilizzo per specifiche applicazioni. La potenziale idoneità di un residuo industriale ad essere utilizzato come feedstock del processo di carbonatazione dipende da diversi requisiti: disponibilità in forma solida, natura inorganica, proprietà alcaline ( $\text{pH} > 8$ ), alti tenori di calcio e magnesio, elevata capacità di sequestro di  $\text{CO}_2$  per unità di massa [1].

Esempi di residui solidi che verificano questi requisiti e che risultano pertanto potenzialmente adatti per la carbonatazione minerale sono le differenti tipologie di scorie di acciaieria [2]

## 2. Attività A: selezione e caratterizzazione dei materiali

Questa attività è stata finalizzata alla selezione dei residui da utilizzare per le prove di carbonatazione in scala pilota. A tale scopo sono state in primo luogo individuate tipologie di residui che possedessero i requisiti elencati in precedenza. Come già accennato la scelta è caduta sulle scorie di acciaieria prodotte da convertitore a ossigeno (Basic Oxygen Furnace slags, BOF). Le scorie BOF costituiscono uno dei sottoprodotti della produzione dell'acciaio a ciclo integrale, realizzata attraverso una serie di processi correlati tra loro, di cui i principali sono: produzione del coke metallurgico, produzione di agglomerato di minerali di ferro, produzione di ghisa e produzione di acciaio con relativa colata continua. La calce aggiunta, insieme ai metalli ossidati, forma le scorie all'interno del bagno metallico, che andranno eliminate e separate dall'acciaio. In genere le scorie sono materiali alcalini costituiti da silicati di Ca, Al e Mg, contenenti Fe, Mn e altri costituenti. La composizione delle scorie BOF varia in funzione delle condizioni produttive, così come evidenziato nella tabella seguente.

| Rif. | CaO   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|------|-------|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|
| [3]  | 37.02 | 18.01            | 2.61                           | 14.1 | 14.1                           |
| [4]  | 41.3  | 12.5             | 2.4                            | 4.3  | 31.2                           |
| [5]  | 47.88 | 12.16            | 1.22                           | 0.82 | n.r.                           |
| [6]  | 47.5  | 11.8             | 2                              | 6.3  | 22.6                           |
| [7]  | 40.1  | 17.8             | 2.04                           | 6.32 | 6.58                           |

**Tabella 1** – Composizione chimica delle scorie BOF riportata in diversi studi di letteratura, espressa come contenuto di ossidi (%)

### 2.1. Risultati della caratterizzazione

In questo paragrafo si riportano i principali risultati della caratterizzazione del campione di scorie BOF analizzati presso il laboratorio di Ingegneria Sanitaria Ambientale dell'Università di Roma Tor Vergata. In particolare, sono stati analizzati i risultati delle prove di caratterizzazione fisica (umidità e distribuzione granulometrica), chimica (contenuto di carbonio organico TOC e composizione elementale) e mineralogica, oltre al comportamento alla lisciviazione (test di cessione EN 12457-2). In particolare, il comportamento alla lisciviazione del materiale è stato considerato un indicatore per poter stabilire la fattibilità del riutilizzo dei residui o del loro smaltimento in condizioni controllate. A tal proposito, le concentrazioni degli elementi, misurate negli eluati del test di cessione, sono state confrontate con i limiti di legge che regolano il recupero in procedura semplificata di rifiuti non pericolosi e inerti (D.M. 186/2006) e con i limiti di accettabilità in discarica (D.M. 27/09/2010).

#### **Umidità**

L'umidità iniziale del campione tal quale di scorie BOF è risultata pari a circa l'8%; pertanto, il materiale è stato essiccato sotto cappa per un periodo tale da ottenere un prodotto finale secco, con un'umidità pari all' 1%.

#### **Distribuzione granulometrica**

Il campione di scorie BOF pervenuto in laboratorio è risultato estremamente eterogeneo, con particelle di dimensioni comprese tra 0.5 mm e >10mm, probabilmente a causa della scarsa efficacia del trattamento di macinazione delle scorie, effettuato in impianto per il recupero del ferro. Pertanto, si è deciso di vagliare il materiale e di scartare la frazione avente dimensioni maggiori di 2 mm (rappresentante circa i 2/3 dell'intero campione) in quanto ritenuta non rappresentativa di un campione ottenuto in impianto a valle di un'efficace macinazione.

I risultati dell'analisi granulometrica condotta sulle scorie BOF hanno indicato come diametro medio delle scorie circa 0.5 mm, leggermente superiore rispetto a quello riportato in [8]. Inoltre, è possibile descrivere l'andamento della curva mediante il coefficiente di uniformità CU, definito come il rapporto fra il diametro corrispondente al 60% di materiale passante (D60) ed il diametro corrispondente al 10% del passante (D10). Un materiale può essere considerato uniforme per valori di  $CU \leq 1$  [9] e, nel caso in esame, il coefficiente di uniformità calcolato è risultato pari a 7.39, indice di una spiccata eterogeneità del materiale analizzato.

#### **Contenuto di Carbonio Totale**

I risultati relativi al contenuto di Carbonio Totale (TC), dato dalla somma del Carbonio Inorganico (IC) e Organico (TOC) ci hanno fatto osservare che il carbonio totale è pari a 1.3% circa, con un contributo confrontabile, pari a circa lo 0.6%, della frazione organica e di quella inorganica, quest'ultima riscontrata a concentrazione leggermente più alta di quella riportata in [8]. La presenza inattesa di una componente organica di carbonio può essere probabilmente legata al fatto che l'impianto dal quale provengono tali scorie è rimasto inattivo per un certo periodo di tempo e il campione di scorie ricevute è stato prelevato subito dopo la rimessa in funzione dell'impianto, che forse non aveva ancora raggiunto le condizioni di funzionamento a regime, determinando quindi solo una parziale ossidazione del carbonio presente nel carbon coke alimentato.

#### **Composizione elementale**

In Tabella 2 sono riportate le concentrazioni dei principali costituenti, espressi in g/kg, misurate per il campione di scorie BOF. Dai risultati si osserva che le scorie BOF sono costituite principalmente da Calcio (21.24%), Ferro (17.87%), Magnesio (4.4%) e Silicio (4%), in analogia a quanto riportato anche in altri studi condotti su questa tipologia di materiale [8].

| Al    | Ba   | Ca    | Cd  | Cr  | Cu   | Fe    | K    | Mg    | Mn   | Mo   | Na  | Si   | V     | Zn   |
|-------|------|-------|-----|-----|------|-------|------|-------|------|------|-----|------|-------|------|
| 21.23 | 0.07 | 212.4 | 0.1 | 2.5 | 0.18 | 178.6 | 1.77 | 44.11 | 15.5 | 0.01 | 1.1 | 39.1 | 0.377 | 0.27 |

**Tabella 2** – *Composizione del campione di scorie BOF*

### **Caratterizzazione mineralogica**

I risultati dell'analisi mineralogica condotta sulle scorie BOF sono espressi come spettro acquisito mediante analisi XRD. I picchi più intensi appartengono alla portlandite ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), al quarzo ( $\text{SiO}_2$ ) ed alla calcite ( $\text{CaCO}_3$ ). Oltre all'idrossido di calcio, è stata rilevata la presenza dell'idrossido di magnesio sotto forma di brucite. Inoltre, sono stati identificati ossidi di silicio e di ferro, nonché diversi silicati di calcio (larnite) e di magnesio. Infine, diversamente da quanto atteso per tale tipologia di residui, è stata identificata una fase di carbonio che conferma quanto riscontrato nella misura del TOC.

### **Comportamento ambientale**

Sono stati confrontati i risultati del test di lisciviazione a pH naturale condotto sulle scorie BOF. Si è osservato che il pH dell'eluato del test di cessione è risultato pari a 12.6, in accordo con i valori riportati in letteratura [8] e con l'elevato contenuto di idrossido di calcio individuato tramite XRD. Tale valore risulta superiore al valore massimo ammissibile dai criteri nazionali sul riutilizzo dei rifiuti (DM 186/2006) che stabiliscono che il pH debba essere compreso fra 5.5 e 12. Al di là del pH, è stato riscontrato che il rilascio di potenziali contaminanti organici dalle scorie BOF si è dimostrato molto contenuto, risultando inferiore ai limiti stabiliti sia per il conferimento in discarica per rifiuti inerti che per il riutilizzo, eccetto per il bario, la cui concentrazione è risultata esattamente pari al limite per il riutilizzo in procedura semplificata (1 mg/l).

### **3. Attività B: prove di carbonatazione in un reattore pilota a tamburo rotante**

I test sperimentali su scala pilota sono stati condotti nel tamburo rotante facente parte della piattaforma Valchiria, presente presso il CR ENEA-Casaccia [10].

Il reattore rotante di Valchiria è stato impiegato per effettuare le prove di carbonatazione in scala pilota con l'obiettivo primario di verificare la fattibilità e le prestazioni del processo in termini di sequestro di  $\text{CO}_2$ , ma anche di verificare l'effetto del trattamento sulla distribuzione dimensionale delle particelle di residuo. Il sistema di alimentazione del materiale nel reattore rotante è costituito da una tramoggia con coclea, ma, per evitare l'impaccamento del materiale al suo interno, durante le prove il campione è stato introdotto manualmente dalla sezione di uscita del reattore.

Le prove sono state condotte miscelando il materiale con acqua allo stesso rapporto liquido/solido risultato ottimale nei test di granulazione in laboratorio per questa tipologia di scorie (0,17). La velocità del tamburo rotante è stata fissata pari a 8 rpm, la massima raggiungibile dal sistema, mentre per queste prove preliminari, si è deciso di fissare l'inclinazione del reattore pari a zero. Il materiale è stato quindi introdotto nel reattore e, dopo aver raggiunto la temperatura e pressione di  $\text{CO}_2$  desiderate, sono state effettuate prove per un tempo fissato pari a 30 minuti, confrontabile con quello adottato in laboratorio nei test dinamici. Infine, il materiale ottenuto è stato sottoposto a curing per un periodo variabile da 12 a 28 giorni e caratterizzato in termini di distribuzione granulometrica,  $\text{CO}_2$  uptake e comportamento ambientale.

#### *3.1. Risultati*

In questa sezione vengono discussi i risultati delle prove di carbonatazione condotte a scala pilota nel reattore a tamburo rotante della piattaforma Valchiria, di cui si riportano i principali parametri operativi nella Tabella 3. In particolare, si discutono i risultati ottenuti in termini di

distribuzione granulometrica, capacità di CO<sub>2</sub> sequestrata e comportamento ambientale del materiale prodotto a seguito delle prove effettuate con i parametri sotto riportati.

| Codice Esperimento | Tempo di reazione [min] | Rapporto L/S [l/kg] | CO <sub>2</sub> [%] | Temperatura [°C] |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| V40%_34°C          | 30                      | 0.17                | 40                  | 34               |
| V46%_37°C          | 30                      | 0.17                | 46                  | 37               |
| V40%_50°C          | 30                      | 0.17                | 40                  | 50               |

**Tabella 3** – Parametri operativi delle prove eseguite

### Distribuzione granulometrica

Le curve granulometriche dei materiali ottenuti a seguito delle tre prove condotte nel reattore a tamburo rotante messe a confronto con quella delle scorie BOF tal quali ci fanno osservare che, per temperature operative inferiori (T=34 e 37 °C) si ottengono curve granulometriche sovrapponibili, con un diametro medio dei granuli prodotti pari a circa 1mm, il doppio rispetto a quello delle scorie non trattate. Alla temperatura operativa di 50 °C, si è osservata invece un valore inferiore del diametro medio del materiale ottenuto, risultato pari a circa 0.6 mm e quindi quasi confrontabile con quello delle scorie non trattate. Tale risultato è probabilmente da imputare alla maggiore perdita d'acqua avvenuta durante la prova condotta a 50°C rispetto a quelle condotte a temperatura inferiore, che può aver influenzato negativamente la tendenza delle particelle ad aggregarsi.

Infine, va osservato che il materiale ottenuto dal reattore pilota è risultato generalmente molto più fine rispetto a quello ottenuto nelle prove sperimentali a scala di laboratorio condotte nel reattore dinamico a condizioni operative analoghe. Tale differenza è probabilmente da ascrivere alla configurazione del tamburo rotante della piattaforma Valchiria, in cui, la presenza di setti lungo l'asse, potrebbe aver sfavorito l'aggregazione delle particelle e la crescita dimensionale dei granuli.

### CO<sub>2</sub> uptake

La capacità di sequestro di CO<sub>2</sub> delle scorie BOF trattate nel tamburo rotante della piattaforma Valchiria è stata valutata sia immediatamente a seguito del trattamento che dopo un periodo di curing di almeno 12 giorni. I risultati evidenziano che la percentuale di CO<sub>2</sub> sequestrata al termine delle prove risulta pari circa al 4% nelle prove condotte a T=37 e 50 °C, mentre è risultata maggiore e pari al 6% nella prova condotta a T=34°C. Dopo il periodo di curing, è stato registrato un incremento della percentuale di CO<sub>2</sub> catturata fino a circa due volte rispetto ai valori misurati subito dopo il trattamento, raggiungendo un valore massimo del 9.9% in corrispondenza della prova eseguita alla temperatura di 34 °C.

Va inoltre rilevato che il CO<sub>2</sub> uptake ottenuto nelle prove condotte a scala pilota nel tamburo rotante della piattaforma Valchiria, è risultato pari circa al doppio di quello ottenuto nelle prove statiche o dinamiche condotte a scala di laboratorio. La differenza può essere legata alla maggiore superficie specifica del materiale ottenuto a valle della granulazione e esposto al flusso di CO<sub>2</sub>.

### Comportamento ambientale

I risultati relativi al comportamento ambientale delle scorie, ottenute a seguito delle prove a scala pilota condotte nel reattore a tamburo rotante rispetto alle scorie tal quali evidenziano una riduzione del pH all'aumentare della temperatura operativa. In particolare, alla temperatura di 37 °C si è ottenuto un pH pari a 11.6, mentre a 50 °C il pH è risultato pari a 11.34, oltre un punto più basso rispetto a quello delle scorie non trattate (12.6). Tale risultato è

molto promettente, visto che a valle del trattamento, sono stati ottenuti dei valori inferiori al limite stabilito dalla normativa per il riutilizzo in procedura semplificata, pari a 12. Per quanto riguarda le concentrazioni degli elementi normati risultate maggiori del limite di quantificazione dello strumento, si è osservata, all'aumentare della temperatura, una graduale riduzione della concentrazione di bario nell'eluato, fino ad un ordine di grandezza rispetto alle scorie non trattate, a fronte di un aumento della concentrazione di vanadio e cromo. Per quest'ultimo, in particolare, si sono ottenute concentrazioni pari a circa 0,4, 0,8 e 2 mg/l relativamente ai campioni trattati rispettivamente alle temperature di 34, 37 e 50 °C, valori che risultano superiori di oltre un ordine di grandezza rispetto al limite previsto per il riutilizzo (pari a 0,05 mg/l). L'aumento della solubilità di questi metalli va correlato alla diminuzione del pH per effetto della carbonatazione, ed alla conseguente formazione di fasi più solubili rispetto a quelle presenti nelle scorie tal quali. Per quanto riguarda gli effetti del processo sulle concentrazioni nell'eluato degli altri metalli, si è osservato che la concentrazione di calcio nelle scorie trattate diminuisce all'aumentare della temperatura e presenta un andamento confrontabile con quello del pH e del bario. Anche la lisciviazione di potassio e sodio si riduce dopo il processo, mentre le concentrazioni di alluminio, molibdeno e silicio aumentano, anche di un ordine di grandezza.

#### 4. Conclusioni

I risultati sulla caratterizzazione hanno evidenziato che le scorie sono costituite principalmente da calcio e silicio, con un contenuto di carbonio inorganico pari a 0,6%. Dal punto di vista del comportamento ambientale, i risultati dei test di cessione hanno mostrato che il pH dell'eluato è alcalino, mentre si è osservato che le concentrazioni dei principali metalli rispettano i limiti previsti per il riutilizzo e per il conferimento in discarica per rifiuti inerti. Successivamente le BOF sono state preliminarmente testate in reattori a scala di laboratorio (in condizioni statiche e dinamiche) al fine di individuare le condizioni operative più efficaci da utilizzare nei test in scala pilota. I test statici di carbonatazione sono stati effettuati utilizzando la route ad umido (rapporto acqua/scoria pari a 0,2 l/kg), a condizioni operative relativamente blande ( $T=50$  °C e  $p=1-10$  bar) in atmosfera di CO<sub>2</sub> pura o costituita da una miscela al 40% di CO<sub>2</sub> e 60 % di N<sub>2</sub>, finalizzata a simulare la composizione tipica di un syngas. I risultati hanno mostrato che il sequestro di CO<sub>2</sub> si mantiene su valori piuttosto elevati (circa il 16%) solo per le scorie macinate, mentre per le scorie tal quali, gli uptake raggiunti hanno presentato valori confrontabili (circa il 4-5%) per i diversi tempi di reazione e alle diverse condizioni operative. I test in condizioni dinamiche, condotti sulle scorie tal quali in un reattore rotante di granulazione/carbonatazione a fissati rapporto liquido/solido (0,17 l/kg) e tempo di reazione (30 minuti), hanno consentito di ottenere granuli di dimensioni superiori di un ordine di grandezza rispetto alle scorie tal quali e CO<sub>2</sub> uptake del 5% dopo curing di 28 giorni, in linea con quelli ottenuti nelle prove statiche. Inoltre, i test di cessione, condotti sia seguendo la procedura standard (macinando i granuli con diametro maggiore di 4 mm) che sui granuli non macinati, hanno evidenziato che le concentrazioni dei contaminanti nell'eluato sono compatibili con quelle previste dalla normativa per il riutilizzo in procedura semplificata. Lo scale-up del processo a scala pilota è stato condotto nel reattore a tamburo rotante della piattaforma Valchiria utilizzando il medesimo rapporto liquido solido individuato come ottimale nei test di granulazione e variando la temperatura operativa tra 34 e 50°C. Il trattamento in scala pilota non ha condotto ad un incremento sostanziale della dimensione media delle particelle di scorie, probabilmente a causa della configurazione del reattore, ma ha consentito di raggiungere (dopo curing) valori di CO<sub>2</sub> uptake pari quasi al 10% in peso e quindi circa doppi rispetto a quelli ottenuti in laboratorio, sia in condizioni statiche che dinamiche. Tale risultato è stato spiegato da un lato con la maggiore superficie specifica dei

materiali ottenuti nel reattore pilota rispetto a quelli ottenuti nelle prove dinamiche a scala di laboratorio, ma anche con una probabile attivazione meccanica delle scorie indotta dalla rotazione del tamburo rotante. Infine, il test di lisciviazione condotto sul materiale trattato ha messo in evidenza da un lato, la riduzione del pH e della concentrazione di bario e calcio, rispetto alle scorie tal quali, all'aumentare della temperatura operativa, e dall'altra l'aumento soprattutto della concentrazione di cromo, risultato in tutti i test superiore al limite per il riutilizzo. Tale risultato è stato associato all'effetto della carbonatazione sul materiale, e quindi alla conseguente formazione di fasi più solubili rispetto a quelle presenti nelle scorie tal quali. In conclusione, i risultati ottenuti per le scorie BOF sottoposte ad un processo di granulazione/carbonatazione su scala pilota nell'impianto Valchiria hanno mostrato che tale trattamento è efficace per lo stoccaggio di CO<sub>2</sub>, con percentuali di uptake anche maggiori di quelle riscontrate in test di laboratorio alle stesse condizioni operative, mentre la configurazione del tamburo rotante testata in questo progetto non sembra favorire particolarmente il processo di aggregazione. Sebbene tali risultati siano già promettenti, ulteriori test sono necessari per individuare le condizioni operative che permettano di ottimizzare il processo in termini sia di CO<sub>2</sub> uptake che di incremento dimensionale dei granuli prodotti.

### **Bibliografia**

1. W.J.J. Huijen, R.N.J. Comans, "Mineral CO<sub>2</sub> sequestration by carbonation of industrial residues. Literature overview and selection of residue", Energy research Center of Netherlands (ECN), 2005.
2. D.C. Johnson, C.L. Macleod, P.J. Carey, C.D. Hills, "Solidification of stainless steel slag by accelerated carbonation", *Environmental Technology*, 24 (2003), 671-678.
3. J.A. Altun, I. Yilmaz, "Study on steel furnace slags with high MgO as additive in Portland cement", *Cement and Concrete Research*, 32 (2002), 1247-1249.
4. P. Chaurand, J. Rose, J. Domas, J.Y. Bottero, "Speciation of Cr and V within Bof steel slag reused in road construction", *Journal of Geochemical Exploration*, 88 (2006), 10-14.
5. B. Das, S. Prakash, P.S.R. Reddy, V.N. Misra, "An overview of utilization of slag and sludge from steel industries", *Resources, Conservation and Recycling*, 50 (2007), 40-57.
6. P.Y. Mahieux, J.E. Aubert, G. Escadillas, "Utilization of weathered basic oxygen furnace slag in the production of hydraulic road binders", *Construction and building materials*, 23 (2009), 742-747.
7. M. Nicolae, I. Vilciu, F. Zaman, "X-ray diffraction analysis of steel slag and blast furnace slag viewing their use for road construction" *UPB Scientific Bulletin Series B*, 69 (2007), 99-108.
8. M. Morone, G. Costa, A. Poletini, R. Pomi, R. Baciocchi, "Valorization of steel slag by a combined carbonation and granulation treatments", *Minerals Engineering*, 59 (2014), 82-90.
9. G. Vannucchi, J. Facciorusso, C. Madiari, *Dispense di Geotecnica. Dipartimento di Ingegneria Civile-Sezione Geotecnica, Università degli Studi di Firenze* (2006).
10. S. Cassani, A. Assettati, L. Pagliari, M. Nobili, S. Stendardo, "Realizzazione di un prototipo sperimentale per lo studio di tecnologie low carbon: la piattaforma Valchiria", *Report ENEA-Ministero dello Sviluppo Economico Ricerca di Sistema Elettrico, RDS/2013/203* (2013).

# Le potenzialità del settore preparazione per il riutilizzo in Italia

*Andrea Valentini [wastelab.andrea@gmail.com](mailto:wastelab.andrea@gmail.com), Pietro Luppi, Antonio Conti,  
Nicolas Denis, Aldo Barbini Comitato Scientifico Rete Nazionale Operatori dell'Usato [info.reteonu@gmail.com](mailto:info.reteonu@gmail.com)*

## Riassunto

*Questo studio stima le potenzialità quantitative ed economiche della preparazione per il riutilizzo in Italia, attraverso l'elaborazione dei dati raccolti in diverse indagini dall'Associazione Occhio del Riciclone Italia Onlus tra il 2004 ed il 2015, confrontandone poi i risultati con altri lavori realizzati in Francia e nel Regno Unito. Da tali analisi si desume che il settore ha potenzialità per oltre 650.000 ton/anno di beni destinabili al riutilizzo (corrispondenti a circa 11 kg/ab/anno), con un valore di ricavo stimato in circa 1.300 milioni di Euro/anno, pari a circa 2 €/kg ed a 21 €/ab/anno.*

## Summary

*This study estimates the quantitative and economic potential of the preparation for re-use in Italy, through the processing of data collected in different surveys by Occhio del Riciclone Italia Onlus between 2004 and 2015, comparing the results with other works done in France and the United Kingdom. These analyzes show that the sector has potential for more than 650,000 tons/year of goods for reuse (corresponding to about 11 kg/inhabitant/year), with a revenue value estimated at about 1.3 billion euros/year, equal to about 2 €/kg and € 21/inhabitant/year.*

## 1. Introduzione e stato dell'arte in Italia

Le politiche italiane sul riutilizzo, nella doppia veste “da bene a bene” e “da rifiuto a bene”, sono oggi allo stato embrionale ma in forte espansione (con l'eccezione della frazione tessile che già dispone di politiche e filiere consolidate). E come tutti i processi che iniziano un nuovo percorso presenta diversi elementi di difficoltà, sia normativa che di sostenibilità economica. Non esiste a tutt'oggi in Italia un'analisi che definisca le potenzialità del settore in termini quantitativi ed economici. Ed è obiettivo principale di questo documento tentare di riempire tale vuoto.

Come si osserva in figura 1, che rappresenta i processi individuati nell'attuale normativa di gestione dei rifiuti, il settore del riutilizzo e quello della preparazione per il riutilizzo sono a cavallo della fragile linea di demarcazione tra mondo dei rifiuti e mondo della prevenzione (i.e. dei beni), il primo soggetto a complessità procedurali, peraltro non ancora del tutto chiarite, anche quando tratta gli stessi oggetti appartenenti al settore dell'usato, e quindi, paradossalmente anche quando le pratiche tecniche sono identiche.

Per fare un esempio, un tavolo che può essere riutilizzato, se gestito autonomamente da parte del cittadino utente, che ha intenzione di disfarsene, viene rilevato o intermediato da un operatore dell'usato e poi offerto al mercato. Lo stesso tavolo, se conferito dal cittadino utente

presso un Centro di Raccolta, diventa rifiuto (non è più tavolo) ed anche se il gestore del Centro di Raccolta si accorgesse che basterebbe poco per reimmetterlo in circolazione, preferisce evitare tale processo perché la procedura di “end of waste” (cessazione dello stato di rifiuto) è carente, e conseguentemente le risorse necessarie in termini di tempo e costo per raggiungere l’obiettivo sarebbero eccessive.

In tale contesto la vera potenzialità del settore riutilizzo viene ridotta solo a quegli oggetti il cui valore giustifica la consegna da parte del cittadino utente a un intermediatore dell’usato (ovvero solo quelli ad elevato contenuto economico unitario o di massa), o agli oggetti provenienti da sgombero locale operato da privati in contatto con le filiere dell’usato. Gli altri oggetti (ovvero la quantità maggiore) diventano rifiuti.

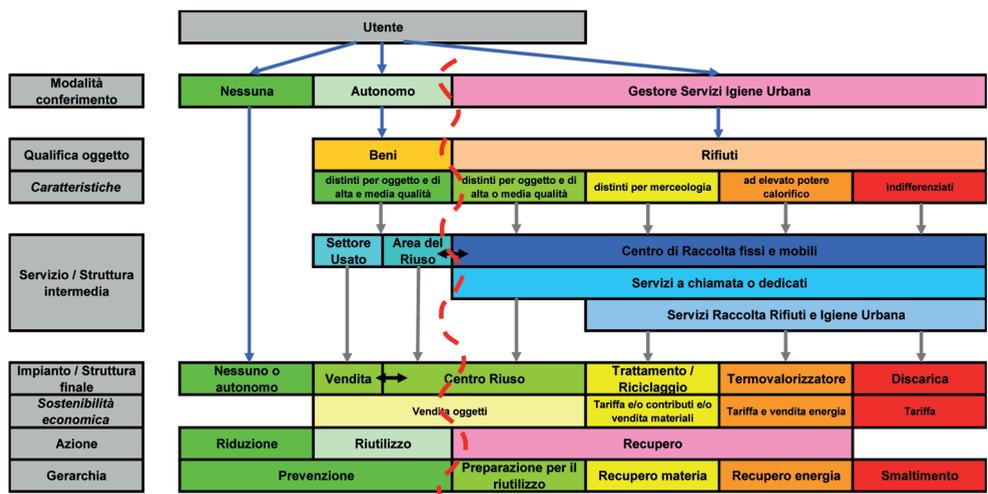


Fig. 1 – Struttura del sistema di prevenzione e gestione rifiuti

Le esperienze di riutilizzo integrate alle politiche di gestione dei rifiuti, in Italia, sono quasi tutte sviluppate nel processo “da bene a bene”, (escludendo il settore del tessile), proprio per evitare le carenze normative.

Tuttavia tali esperienze si basano sulla consegna volontaria da parte del cittadino utente.

In molti contesti, peraltro, tale sistema è associato ad una sfera prettamente sociale del servizio, per cui l’assistenza al soggetto più bisognoso viene garantita dalla gratuità del bene accessibile. L’esigenza di rendere fruibile il bene senza prevederne ricavi determina un forte limite al processo di riutilizzo, dovendo limitare le spese di gestione al minimo e quindi escludendo ogni azione di assortimento ed eventuale riparazione.

La limitazione di tali iniziative è evidente, nei casi più noti in Italia e sintetizzati in tabella 1, dalle esigue quantità procapite destinate a riutilizzo, anche se con diverse modalità di intercezione, pur considerando che il bene viene fornito gratuitamente.

I valori in gioco evidenziano una media di risultati di riutilizzo intorno ad 1 kg/ab/anno.

| Esperienza                     | Soggetto            | Azione                         | Obiettivo         | Nota                                      |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|---|
| <b>Cambia il Finale</b>        | Hera SpA            | Riutilizzo                     | 0,19 kg/ab/anno   | Proiezione                                |
| <b>Centri Riuso</b>            | Regione Marche      | Riutilizzo                     | 0,5 kg/ab/anno    | Centro Riuso Serra de' Conti, 2,8 kg/ab/a |
| <b>Centro Riuso</b>            | Comune Capannori    | Riutilizzo                     | 2 kg/ab/anno      |   |
| <b>Giornate Riuso</b>          | Aprica SpA          | Riutilizzo                     | 0,02 kg/ab/evento |   |
| <b>Centro Mobile del Riuso</b> | Contarina SpA       | Riutilizzo                     | 0,58 kg/ab/anno   | Proiezione                                |
| <b>Progetto Prisca</b>         | Cooperativa Insieme | Preparazione per il riutilizzo | 4,8 kg/ab/anno    | Progetto LIFE+                            |

**Tab. 1** – *Analisi delle principali iniziative in Italia nel settore riutilizzo [1]*

Una nota a parte merita il sistema proposto da Contarina SpA, insieme a Rete ONU, che nonostante il basso valore procapite dell'intercettato, risulta essere uno dei pochi servizi che si sostiene economicamente, e quindi non necessita di finanziamenti pubblici, attraverso la rivendita del materiale raccolto, ad un prezzo medio di circa 3 €/kg.

Se si considera che per il settore dell'usato, oggi, (escludendo il *web*), si stimano circa 250.000-300.000 ton/anno di beni sottratti al mondo dei rifiuti, corrispondenti a circa 4-5 kg/ab/anno, si comprende ancora meglio la scarsa efficacia delle attuali *best practices* nel settore del riutilizzo.

## 2. L'analisi nel territorio italiano

L'analisi delle potenzialità in Italia è stata svolta elaborando dati raccolti in numerosi studi effettuati dall'Associazione Occhio del Riciclone Italia Onlus [2] (*in breve ODR*) in più di dieci anni, finalizzati ad analizzare lo stato dei beni conferiti dalle utenze nei Centri di Raccolta di diversi territori italiani. In particolare i lavori di ODR si riferiscono a monitoraggi finalizzati a stimare quantità, qualità e valore delle merci riusabili conferite tra i rifiuti dei Centri di Raccolta nei seguenti territori e periodi:

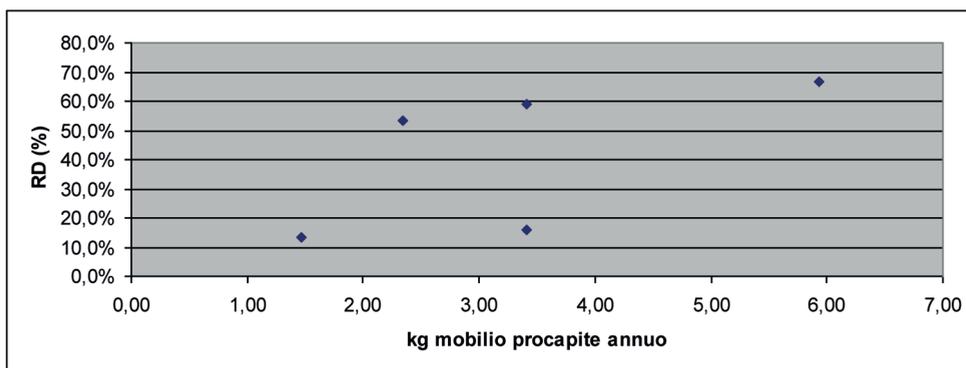
- Comune di Roma, 2004 e 2015
- Comune di Anguillara, 2007
- Comune di Ciampino, 2007
- Comune di Udine, 2010
- Area Vicentina, 2011
- Area Empolese, 2012

La popolazione residente nei territori oggetto di studio è superiore a 3 milioni di abitanti e rappresenta circa il 5% della popolazione complessiva italiana.

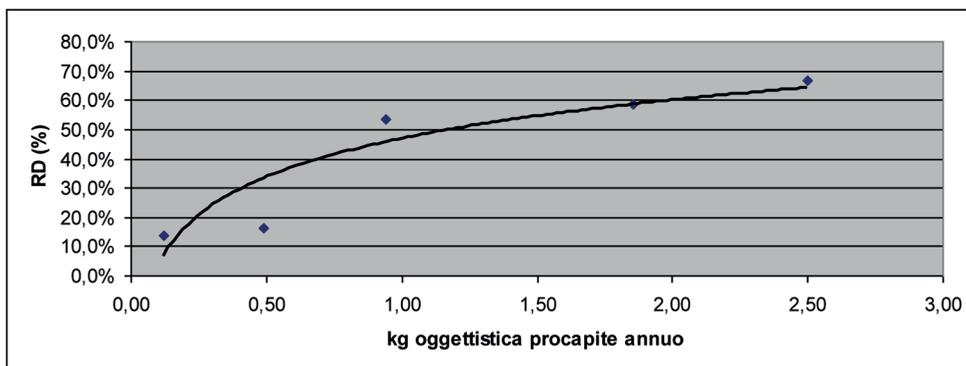
Da tali analisi sono stati tratti valori relativi alle quantità di rifiuti riutilizzabili distinti in varie categorie e in quattro classi qualitative. Ai fini del presente studio sono considerate solo le migliori due classi qualitative del rifiuto e classificate come "buono" (non richiedente riparazione per essere riutilizzato) e "medio" (che richiede riparazione per essere riutilizzato). Tali valori sono espressi in numero di beni per ora di apertura del Centro e successivamente, attraverso specifiche analisi svolte da ODR, trasformati in quantità espresse in peso (kg) o volume (lt).

Il confronto poi tra i valori di intercettazione di tali materiali con il livello di raccolta differenziata riscontrato nei diversi territori nel rispettivo periodo dello studio (valore che può essere indirettamente rappresentativo dell'attivazione di modalità di raccolta differenziata di tipo domiciliare), ha permesso di verificare l'incidenza del sistema di raccolta sulla potenzialità di riutilizzo dei rifiuti.

Nelle figure 2 e 3 si osserva tale analisi per la categoria “mobilio” e per la categoria “oggettistica”. La figura 2 evidenzia per la categoria “mobilio” una non significativa relazione tra rifiuto riutilizzabile conferito dalle utenze e livello di raccolta differenziata. In effetti oggetti di grande volumetria, tipico della categoria “mobilio”, sono normalmente conferiti dalle utenze attraverso raccolte su chiamata e, quindi, meno dipendenti dalla presenza o meno di contenitori di grandi dimensioni su suolo pubblico. La figura 3, invece, per la categoria “oggettistica”, mostra una buona correlazione tra rifiuto riutilizzabile conferito dalle utenze e livello di raccolta differenziata, il che conferma come la presenza di cassonetti di raccolta del rifiuto indifferenziato di grandi dimensioni, classici dei sistemi stradali, facilitando l’errato conferimento da parte delle utenze di oggetti riutilizzabili di minori dimensioni nei cassonetti stradali, ne riduce la presenza nei Centri di Raccolta.



**Fig. 2** - Relazione tra conferimento di rifiuti riutilizzabili di media e buona qualità appartenenti alla categoria “mobilio” nei Centri di Raccolta (espresso in kg/ab/anno) e livello di raccolta differenziata (espresso in %)



**Fig. 3** - Relazione tra conferimento di rifiuti riutilizzabili di media e buona qualità appartenenti alla categoria “oggettistica” nei Centri di Raccolta (espresso in kg/ab/anno) e livello di raccolta differenziata (espresso in %)

### 3. Le potenzialità del settore in Italia ed il confronto con altri paesi europei

I parametri di intercettazione del rifiuto riutilizzabile in Italia, elaborati per questo studio, sono riportati in tabella 2 e confrontati con valori espressi negli studi svolti in Francia [3] da *Ademe*, Agenzia ministeriale per la gestione dell’ambiente e dell’energia, e nel Regno Unito [4, 5, 6], da *WRAP*, Waste & Resources Action Programme.

Lo studio determina le potenzialità del settore attraverso i seguenti parametri espressi sia come valore assoluto che come valore procapite:

- quantità intercettate e destinate effettivamente a riutilizzo,
- ricavo dalla vendita dei beni riutilizzabili.

Come si evince dai dati, l'analisi svolta in questo studio è quantitativamente prudente rispetto agli altri lavori, con un'intercettazione procapite di circa 11 kg/ab/anno, di cui 7 kg/ab/anno escludendo il settore tessile.

È evidente che tale ipotesi dipende dalla fascia di qualità di rifiuto riutilizzabile che si propone di destinare a preparazione per il riutilizzo, ma l'esperienza negli ultimi anni mostra che solo le fasce di beni ad elevato valore di vendita (ad esempio alcuni RAEE, tipo lavatrici e frigoriferi) possono oggi sostenere i costi di riparazione necessari solo attraverso l'industrializzazione del processo a grande scala [7].

Gli studi svolti nel Regno Unito infatti propongono il riutilizzo di quantità notevoli di RAEE a fronte, d'altra parte, di un ricavo medio decisamente inferiore. Bassi valori di ricavo sono tuttavia possibili solo in condizioni di basso costo della manodopera, ovvero in presenza di contributi pubblici elevati, scenario non prevedibile in Italia.

Il dettaglio delle informazioni verificate in questo lavoro ha peraltro permesso di stimare flussi e ricavi anche per altre tipologie di beni (riassunti nella categoria "Altro"), come per esempio oggetti di arredo, stoviglie, ecc.

La valutazione relativa all'impatto occupazionale presenta diverse difficoltà di valutazione e confronto, dovendo riferirsi alle sole fasi di preparazione per il riutilizzo e commercializzazione (quindi escludendo le attività di raccolta che, per esempio, nel tessile incidono in misura elevata) o attività di trasporto; inoltre, in altri studi, tale impatto è "drogato" da elevati contributi pubblici, a forme di volontariato non facilmente quantificabili ed a contratti di lavoro anomali.

|  |                | <b>Rete ONU (Italia)</b> | <b>Ademe (Francia)</b> | <b>WRAP e LGA (UK)</b> |
|--|----------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Quantità totali (ton/anno)</b>      | <i>RAEE</i>    | 87.317                   |                        | 496.490                |
|  | <i>Mobilio</i> | 197.747                  |                        | 236.928                |
|  | <i>Altro</i>   | 129.146                  |                        |                        |
|  | <i>Tessili</i> | 243.131                  |                        | 358.156                |
|  | <b>Totale</b>  | <b>657.341</b>           | <b>825.000</b>         | <b>1.091.574</b>       |
| <b>Quantità procapite (kg/ab/anno)</b> | <i>RAEE</i>    | 1,44                     |                        | 7,78                   |
|  | <i>Mobilio</i> | 3,25                     |                        | 3,71                   |
|  | <i>Altro</i>   | 2,12                     |                        |                        |
|  | <i>Tessili</i> | 4,00                     |                        | 5,61                   |
|  | <b>Totale</b>  | <b>10,81</b>             | <b>12,33</b>           | <b>17,10</b>           |
| <b>Ricavo unitario (€/kg)</b>          | <i>RAEE</i>    | € 1,85                   |                        | € 0,84                 |
|  | <i>Mobilio</i> | € 1,77                   |                        | € 1,43                 |
|  | <i>Altro</i>   | € 1,25                   |                        |                        |
|  | <i>Tessili</i> | € 2,50                   |                        | € 2,70                 |
|  | <b>Totale</b>  | <b>€ 1,95</b>            | <b>€1,52</b>           | <b>€ 1,57</b>          |
| <b>Ricavo totale (€/anno)</b>          | <i>RAEE</i>    | € 161.144.387            |                        | € 416.000.000          |
|  | <i>Mobilio</i> | € 349.735.720            |                        | € 337.622.400          |
|  | <i>Altro</i>   | € 160.967.240            |                        |                        |
|  | <i>Tessili</i> | € 607.826.680            |                        | € 965.274.098          |
|  | <b>Totale</b>  | <b>€ 1.279.674.026</b>   | <b>€ 1.250.000.000</b> | <b>€ 1.718.896.498</b> |

*Segue*

|   |                | <b>Rete ONU (Italia)</b> | <b>Ademe (Francia)</b> | <b>WRAP e LGA (UK)</b> |
|---|----------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Ricavo procapite<br/>(€/ab/anno)</b> | <i>RAEE</i>    | € 2,65                   |                        | € 6,52                 |
|   | <i>Mobilio</i> | € 5,75                   |                        | € 5,29                 |
|   | <i>Altro</i>   | € 2,65                   |                        |                        |
|   | <i>Tessili</i> | € 10,00                  |                        | € 15,12                |
|   | <b>Totale</b>  | <b>€ 21,05</b>           | <b>€ 18,68</b>         | <b>€ 26,92</b>         |
| <b>Occupazione<br/>(op.)</b>            | <i>RAEE</i>    | 2.253                    |                        |                        |
|   | <i>Mobilio</i> | 4.944                    |                        |                        |
|   | <i>Altro</i>   | 3.229                    |                        |                        |
|   | <i>Tessili</i> | 4.619                    |                        |                        |
|   | <b>Totale</b>  | <b>15.045</b>            | <b>18.400</b>          | <b>36.000</b>          |

**Tab. 2 – La preparazione per il riutilizzo in Italia ed in altri paesi**

Considerando solo il contributo delle attività di preparazione per il riutilizzo e parte della commercializzazione e considerando contratti di lavoro “regolari”, la stima del settore in Italia porterebbe ad un incremento di 15.045 posti di lavoro, pari a 22,9 operatori ogni 1000 ton di beni destinato a riutilizzo (molto vicino al parametro francese pari a 22,3 operatori ogni 1000 ton).

Il settore commercializzazione presenta una forte incidenza di tale parametro, per cui considerando l'estrema variabilità attuale, nel settore dell'usato, tra fatturato e quantità di beni trattati, l'impatto occupazionale potrebbe risultare decisamente maggiore.

A compendio di tale analisi, e per evidenziare l'incidenza delle diverse figure lavorative nel settore, si rimanda ai documenti di letteratura [8].

#### **4. Conclusione**

Il settore della preparazione per il riutilizzo oggi in Italia è di fatto inesistente.

Il principale contributo al settore del riutilizzo è dato dagli operatori dell'usato, mentre le sporadiche iniziative legate alla gestione dei rifiuti raggiungono obiettivi locali intorno ad 1 kg/ab/anno di bene riutilizzato, ben lontano dalle potenzialità del settore.

Per stimare tali potenzialità in Italia (considerando l'intercettazione anche di rifiuti riutilizzabili) è stata effettuata un'analisi sulla base di indagini svolte dall'Associazione Occhio del Riciclone Italia Onlus dal 2004 al 2015, confrontandone poi i risultati con altri lavori realizzati in Francia e nel Regno Unito.

Da tali analisi, che comunque meritano maggiori approfondimenti, si desume che il settore ha potenzialità per oltre 650.000 ton/anno di beni destinabili al riutilizzo (corrispondenti a circa 11 kg/ab/anno), con un valore di ricavo stimato in circa 1.300milioni di Euro/anno, pari a circa 2 €/kg ed a 21 €/ab/anno.

Tali valori sono coerenti con le analisi realizzate in Francia e Regno Unito, anche se le scelte risultano essere più cautelative in merito alla fascia qualitativa di rifiuto riutilizzabile da intercettare (che comunque garantirebbe un maggiore ricavo unitario).

Lo sviluppo di tale settore, infine, permetterebbe un incremento di almeno 15.000 posti di lavoro, considerando unicamente l'impiantistica necessaria per la preparazione per il riutilizzo e parte della relativa commercializzazione (ipotizzando contratti di lavoro regolari) escludendo invece le fasi di intercettazione e raccolta dei beni, il settore dei trasporti e l'indotto conseguente al nuovo mercato.

## **Bibliografia**

- [1] **Rete ONU**, *“Le potenzialità del settore preparazione per il riutilizzo in Italia”*, Convegno 17 Marzo 2016, Sala Aldo Moro presso Palazzo Montecitorio, Roma
- [2] <http://www.occhiodelriciclone.com/>
- [3] **Ademe**, *“Réemploi, réparation et réutilisation”*, 1<sup>ère</sup> édition, Données, 2012
- [4] **Local Government Association**, *“Routes to reuse - Maximising value from reused materials”*, 2014
- [5] **Wrap**, *“Realising the Reuse Value of Household WEEE”*, 2011
- [6] **Wrap**, *“Composition of Kerbside and HRVC Bulky Waste”*, 2012
- [7] <http://www.secondlifeitalia.it/>
- [8] **European Environmental Bureau**, *“EEB Work Programme & Budget 2015”*.

# Gestione sostenibile dei rifiuti per la riqualificazione di una discarica abusiva ubicata in Provincia di Milano

*Daniele Vezzoli [daniele.vezzoli@hpc-italia.it](mailto:daniele.vezzoli@hpc-italia.it), Matteo Ferrari, Raffaele Pellegatta  
HPC ITALIA S.r.l., Milano*

## **Riassunto**

*In una discarica abusiva in provincia di Milano erano presenti oltre 8000 m<sup>3</sup> di terreno frammisto a rifiuti di varia natura (tra cui frammenti di eternit). L'approccio tradizionale avrebbe previsto cautelativamente l'insaccamento in big bags e lo smaltimento in discarica di tutti i materiali. Al fine di realizzare una gestione dei rifiuti più sostenibile, incentrata sul recupero dei terreni in sito, sono state realizzate attività di: separazione meccanica di terreni e rifiuti, cernita manuale dei frammenti di eternit, recupero in sito dei terreni bonificati da amianto mediante vaglio mobile. Complessivamente sono stati bonificati da amianto e successivamente vagliati circa 8130 m<sup>3</sup> di materiali, di cui 7280 m<sup>3</sup> recuperati in sito e solamente 850 m<sup>3</sup> smaltiti, con un risparmio economico superiore al 50% rispetto ad un approccio tradizionale di smaltimento in toto.*

## **Summary**

*In an illegal dump in the province of Milan, over 8000 m<sup>3</sup> of soil mixed with waste (containing materials including asbestos, eternit debris) were present. The traditional approach to the waste management would consist in the disposal of all materials at a landfill. With the aim of implementing a more sustainable waste management, focusing on the soil recovery on site, the following activities were carried out: mechanical separation of waste from soil, manual separation of asbestos waste, soil recovering through size fractioning on site. 8130 m<sup>3</sup> of material has been treated, 7280 m<sup>3</sup> of which were recovered on site and only 850 m<sup>3</sup> were disposed at a landfill, with more than 50% of cost reduction if compared to a traditional approach of disposal of all materials at a landfill.*

## **1. Introduzione**

Nel sito in oggetto (discarica abusiva ubicata in provincia di Milano) erano presenti oltre 8000 m<sup>3</sup> di terreno frammisto a rifiuti di varia natura: macerie da demolizione, plastica, sfridi di asfalto, pneumatici, RAEE, batterie al piombo, lastre e frammenti di eternit (questi ultimi presenti in maniera diffusa). L'approccio tradizionale avrebbe previsto cautelativamente l'insaccamento e lo smaltimento in discarica di tutti i materiali. Al fine di realizzare una gestione dei rifiuti maggiormente sostenibile, incentrata ove possibile sul recupero dei terreni in sito nell'ottica di riqualificazione dell'area ad uso industriale, sono state realizzate le seguenti attività:

- Separazione mediante polipo meccanico di terreno e rifiuti non contenenti amianto, al fine di ridurre il quantitativo di terreno smaltito con tali rifiuti.

- Cernita e separazione manuale dei frammenti di eternit dai terreni mediante operatori qualificati con il supporto di un nastro trasportatore per velocizzare la cernita.
- Il terreno bonificato da amianto è stato trattato in sito mediante impianto mobile di recupero rifiuti (vaglio) al fine di recuperarne le frazioni di pezzatura inferiore ai 6 cm.
- I cumuli di terreno di pezzatura fine (< 2 cm) prodotti dal vaglio (frazione preponderante) risultavano non conformi al recupero per la presenza di valori di COD negli eluati superiori al rispettivo limite di legge. Pertanto è stato condotto e validato dalle Autorità competenti uno studio sui valori di COD negli eluati dei terreni limitrofi al sito: lo studio ha dimostrato che i valori di COD misurati nei cumuli vagliati erano di origine naturale e non antropica, consentendo quindi il ritombamento in sito dei cumuli.

## 2. Relazione

Tra la fine del 2011 e l'inizio del 2012 sono state realizzate presso il sito in oggetto una serie di indagini ambientali volte a verificare e quantificare la presenza di rifiuti interrati. Dagli esiti di tali attività sono emerse differenti tipologie di rifiuti al di sotto del piano campagna (frammenti di laterizi e materiali da demolizione, materiale plastico, tessuti / stracci, sfridi di legno, plastica, vetro, polistirolo, pneumatici, RAEE) tra cui anche lastre e/o frammenti di lastre in eternit.

Nel 2012 è stato elaborato da HPC ITALIA S.r.l. (nel seguito HPC) il Piano di Gestione dei Rifiuti per il sito in oggetto, successivamente validato dalle Autorità competenti. All'interno di tale documento è stata prevista una serie di interventi atti alla gestione sostenibile dei rifiuti riscontrati, massimizzando ove possibile il recupero dei terreni in sito. In funzione della limitata disponibilità di spazio in sito per l'area per il deposito temporaneo dei materiali escavati, è stato previsto di suddividere le attività di gestione rifiuti in differenti fasi, alternando fasi di bonifica eternit e rimozione rifiuti di altra natura, a fasi di recupero rifiuti mediante impianto mobile di vagliatura.

Le attività di gestione rifiuti sono iniziate nel 2012 e sono state concluse nella seconda metà del 2015. Durante tale intervallo di tempo ci sono stati periodi di inattività necessari a definire con le Autorità competenti il proseguo della gestione sostenibile dei rifiuti dell'area. Nello schema presentato in Figura 1 si riporta la sequenza delle attività realizzate, per il cui approfondimento si rimanda ai paragrafi successivi.

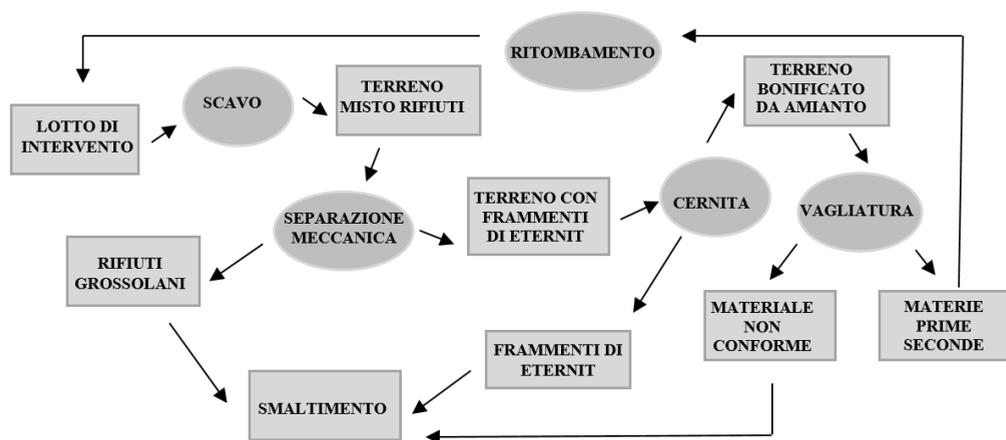


Fig. 1 – Schema della gestione dei rifiuti attuata.

### *2.1 Descrizione degli interventi di rimozione dei rifiuti interrati*

Le attività realizzate durante la rimozione dei rifiuti interrati sono riassumibili in:

- escavazione del materiale da ciascuna area di intervento fino al raggiungimento di terreno naturale mediante escavatore dotato di benna tradizionale;
- rimozione contestuale alle attività di scavo, dei rifiuti frammisti al terreno;
- gestione dei materiali contenenti amianto.

La rimozione dei rifiuti interrati dal materiale escavato è avvenuta mediante escavatore dotato di polipo meccanico il quale ha rimosso i rifiuti più ingombranti tra quelli frammisti a terreno, compresi i materiali e le macerie da demolizione. Tutti i rifiuti sono stati opportunamente raccolti per tipologie omogenee e quindi conferiti presso impianti di smaltimento regolarmente autorizzati.

Le attività di bonifica amianto sono state realizzate mediante una selezione manuale dei frammenti di eternit dal terreno escavato e lavorato mediante polipo meccanico, da parte di operatori a terra qualificati e dotati di apposito patentino regionale per la gestione di tali tipologie di materiali. Gli operatori, equipaggiati con i necessari dispositivi di protezione individuali, sono stati supportati nella cernita da nastro trasportatore per facilitare e accelerare la rimozione manuale dell'eternit (si veda la Figura 2). Nel caso di rinvenimento di elevati quantitativi di frammenti di lastre o eventualmente lastre di eternit intere interrate è stato previsto l'insaccamento diretto in big-bag di tali materiali, previa separazione di rifiuti di altra natura, e il successivo smaltimento in impianto regolarmente autorizzato.



**Fig. 2** – Cernita e separazione manuale dei frammenti di eternit dal terreno mediante operatori qualificati e nastro trasportatore a supporto.

I frammenti di eternit rinvenuti durante la cernita sono stati opportunamente trattati con prodotto incapsulante e confezionati per il successivo avvio a smaltimento presso impianto. I materiali privati dai frammenti di eternit sono stati suddivisi in cumuli del volume di circa 200 – 300 m<sup>3</sup> ciascuno, protetti dagli agenti atmosferici mediante copertura con teli in polietilene e depositati temporaneamente in idonee aree pavimentate. Tali cumuli sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio volte alla verifica dell'eventuale presenza residua di fibre di amianto (utilizzo della tecnica FT-IR). Poiché analiticamente risultati privi di amianto, tutti i cumuli

in esame sono stati oggetto della successiva fase di trattamento mediante impianto mobile di vagliatura. Complessivamente sono stati bonificati da amianto circa 8130 m<sup>3</sup> di rifiuti.

## *2.2 Recupero rifiuti mediante impianto mobile di vagliatura*

Le attività in oggetto sono riassumibili in:

- Vagliatura mediante impianto mobile dei materiali costituiti da terreno, ciottoli e macerie da demolizione, privati dai frammenti di eternit e dai rifiuti più grossolani;
- Ritombamento dei materiali lavorati dall'impianto mobile di vagliatura e risultati idonei al riutilizzo in sito (M.P.S., Materie Prime Seconde).

L'attività di recupero in oggetto è stata svolta da vaglio mobile nell'ambito della campagna di recupero autorizzata dalla Città Metropolitana di Milano. I materiali lavorati dal vaglio mobile sono stati suddivisi in tre principali tipologie:

- Tipologia "F" (materiali fini), costituita da terreni (indicativamente materiali passanti il vaglio 2 cm);
- Tipologia "M" (materiali medi), costituita da materiali misti da demolizione di pezzatura medio-piccola frammisti a terreno (indicativamente materiali di pezzatura compresa tra 2 e 6 cm);
- Tipologia "G" (materiali grossolani), costituita da materiali misti da demolizione di pezzatura grossolana frammisti a ciottoli naturali (indicativamente materiali di pezzatura superiore a 6 cm).

I suddetti materiali sono stati depositati sulle aree pavimentate previste da progetto in cumuli separati del volume di circa 200-300 m<sup>3</sup>, protetti dagli agenti atmosferici mediante copertura con teli in polietilene. I materiali appartenenti alla tipologia "F" e "M" sono stati caratterizzati analiticamente al fine di verificarne, in funzione della pezzatura, la natura di M.P.S.. I materiali della tipologia "G" sono stati caratterizzati direttamente per il conferimento presso impianto esterno di gestione rifiuti, poiché la pezzatura di tale classe non ne consentiva il recupero in sito. Complessivamente sono stati trattati mediante impianto mobile di vagliatura 8130 m<sup>3</sup> di rifiuti, di cui 7280 m<sup>3</sup> sono stati recuperati in sito e 850 m<sup>3</sup> avviati ad impianto esterno di gestione rifiuti. In merito alle attività di recupero in oggetto, si specifica che la concentrazione limite di COD nell'eluato del test di cessione ai sensi dell'All.3 del DM 186/06 per i cumuli lavorati dall'impianto mobile di vagliatura, è stata derogata in accordo con la Città Metropolitana di Milano (si veda il paragrafo 2.3). Una volta conclusa la rimozione dei rifiuti interrati dai lotti di intervento, e una volta verificata la conformità di pareti e fondo scavo per ciascun lotto alle CSC per uso commerciale / industriale in contraddittorio con ARPA, è stato possibile procedere al ritombamento negli areali di scavo dei cumuli lavorati dall'impianto mobile risultati M.P.S..



**Fig. 3** – Terreno ritombato in sito a seguito della bonifica amianto e delle operazioni di recupero mediante impianto mobile di vagliatura.

### *2.3. Valutazione dell'influenza della componente organica naturale sul valore di COD del lisciviato acquoso*

La caratterizzazione ai fini del riutilizzo in sito dei cumuli di materiale di natura terrigena lavorati dall'impianto mobile di vagliatura, ha mostrato la presenza nel lisciviato acquoso di concentrazioni di COD superiori (di circa il 30÷50%) al limite normativo previsto dall'All.3 del DM 186/06, pari a 30 mg/l. Per tale motivo, le attività di gestione rifiuti presso il sito in oggetto sono state sospese al fine di consentire una valutazione condivisa con le Autorità competenti in merito a tale problematica. È stato presentato alle Autorità competenti specifico Piano di Indagini allo scopo di determinare i valori di fondo ambientale del COD in aree limitrofe al sito in oggetto e di confermare l'ipotesi che i valori di COD superiori al limite di legge nel lisciviato acquoso dei terreni lavorati dal vaglio mobile, fossero attribuibili alla componente umica presente naturalmente nel terreno piuttosto che all'apporto di origine antropica dovuto alla presenza di contaminanti organici nei rifiuti trattati. A seguito di recepimento del Piano di Indagini da parte della Città Metropolitana di Milano sono stati condotti i campionamenti previsti dal suddetto Piano e redatto il report descrittivo dei risultati ottenuti. All'interno di tale documento sono state esposte valutazioni di tipo comparativo condotte tra i terreni naturali e le frazioni terrose derivanti dalle operazioni di trattamento rifiuto in oggetto, incluse valutazioni di carattere statistico. Nello specifico è emerso che:

- La concentrazione di COD nell'eluato dei campioni di terreno naturale è risultata superiore al valore di 30 mg/l previsto dal DM 186/06. Dette concentrazioni di COD e quelle determinate sui campioni di materiale proveniente dall'operazione di recupero mediante vaglio mobile sono risultate confrontabili.
- I valori di concentrazione relativi agli altri parametri ricercati (carbonio organico, carbonio organico estraibile, acidi umici + acidi fulvici) sono risultati comparabili negli eluati prodotti da terreno naturale e terreno lavorato mediante impianto mobile di vagliatura.
- È stato determinato l'apporto di COD nell'eluato dovuto alla frazione residuale di origine antropica presente nei cumuli di materiale recuperato e il COD nell'eluato dovuto alla frazione terrigena dei cumuli stessi; il confronto di tali valori ha evidenziato che il contributo della parte antropica non influenza il valore di COD nel campione complessivo.
- È stato eseguito un test di tossicità acuta per gli organismi acquatici sull'eluato dei campioni

di materiale fine derivanti dal trattamento con impianto mobile. Tutti i campioni sottoposti alla verifica non hanno evidenziato presenza di fattori di tossicità.

Dalle suddette valutazioni, è stato possibile concludere che i valori di COD riscontrati nel lisciviato acquoso dei terreni lavorati dal vaglio mobile presso il sito in oggetto, superiori al limite indicato dal DM 186/06, sono riconducibili a componenti di origine naturale e non a contaminanti di origine antropica. In base alle suddette considerazioni è stato possibile derogare al valore limite di 30 mg/l per il COD per il recupero in sito dei terreni in oggetto.

### **3. Conclusioni**

Nel sito in oggetto erano presenti oltre 8000 m<sup>3</sup> di terreno frammisto a rifiuti di varia natura: macerie da demolizione, pneumatici, RAEE, batterie al piombo, lastre e frammenti di eternit (questi ultimi presenti in maniera diffusa). È stata effettuata una gestione dei rifiuti sostenibile, incentrata ove possibile sul recupero dei terreni in sito, con la realizzazione delle seguenti attività: separazione meccanica di terreni e rifiuti, cernita manuale dei frammenti di eternit, recupero in sito dei terreni bonificati da amianto mediante vaglio mobile. I cumuli di terreno di pezzatura fine (< 2 cm) prodotti dal vaglio (frazione preponderante) risultavano non conformi al recupero per la presenza di valori di COD negli eluati superiori al rispettivo limite di legge. Pertanto è stato condotto e validato dalle Autorità competenti uno studio sui valori di COD negli eluati dei terreni limitrofi al sito: lo studio ha dimostrato che i valori di COD misurati nei cumuli vagliati erano di origine naturale e non antropica, consentendo quindi il ritombamento in sito dei cumuli. Complessivamente sono stati bonificati da amianto e successivamente vagliati circa 8130 m<sup>3</sup> di materiali, di cui 7280 m<sup>3</sup> recuperati in sito e solamente 850 m<sup>3</sup> smaltiti. L'approccio di gestione rifiuti adottato rispetto un approccio tradizionale di smaltimento in toto ha consentito di:

- Ridurre notevolmente il quantitativo dei rifiuti smaltiti in discarica.
- Ridurre l'impatto ambientale derivante dal trasporto in discarica di tutti i rifiuti presenti inizialmente in sito.
- Ridurre il quantitativo di terreno certificato da portare in sito per il riempimento degli scavi.
- Limitare i costi di gestione dell'intervento, con un risparmio economico superiore al 50% rispetto all'approccio tradizionale di smaltimento in toto.
- Valorizzare i rifiuti come risorsa.
- Valorizzare le politiche di riutilizzo e riciclo dei rifiuti.

# Tecniche di recupero del siero per la valorizzazione degli scarti nel settore lattiero-caseario

Alessia Passalacqua, Domenico Licciardello, Giulia Salerno, Martina Sgandurra,  
Antonio Zerbo, [azerbo@unict.it](mailto:azerbo@unict.it)  
Università degli Studi di Catania - Dipartimento Economia e Impresa -  
Catania

## Abstract

*Nell'ambito dell'economia circolare, il processo produttivo segue una logica di eco sostenibilità proattiva, attraverso la trasformazione dei rifiuti in risorse, che diventano così materie prime seconde. Si stima che fino al 30% degli alimenti prodotti in tutto il mondo vada perso o sprecato, in mancanza di tecnologie adatte alla valorizzazione degli scarti del settore primario. Il fine ultimo dell'economia circolare rimane, comunque, la minimizzazione della produzione di rifiuti, completato in un percorso virtuoso, in grado di trasformare il problema della gestione dei rifiuti in rivalutazione della risorsa come prodotto. Obiettivo di questo lavoro è la descrizione tecnica, economica ed ambientale del processo di riutilizzazione del siero derivante dalla lavorazione della mozzarella, che da scarto diventa input di un nuovo e diverso ciclo, finalizzato alla produzione di ricotta.*

*In particolare, viene analizzata un'azienda leader del settore lattiero-caseario sita nella Sicilia orientale, che utilizza la tecnica di flocculazione per mezzo di un impianto di caldaia con intercapedine riscaldata a vapore. Si è deciso di indagare in questo settore economico, in quanto nello scenario produttivo italiano, quello lattiero caseario è un settore di grande rilevanza economica, occupazionale, le cui componenti, agricola e industriale, contribuiscono rispettivamente con il 9,5% e l'11,5% al settore primario e all'industria alimentare italiana. Vengono presi in esame i vantaggi economico-ambientali derivanti da tale tecnica, identificativa delle sfide competitive che derivano dai prezzi crescenti, dalla scarsità e dalle difficoltà di approvvigionamento delle risorse/materie prime. Tra i benefici acquisiti dall'azienda si annoverano tecnologie innovative quali best practice essenziali nella moderna competitività ecosostenibile. L'azienda va così incontro alle stringenti esigenze di progettazione di beni più durevoli, attraverso le attività di riciclaggio e riutilizzo. Quest' ultime consentono, a loro volta, di ridurre l'impatto ambientale, il consumo di nuove risorse e la necessità di smaltire i rifiuti.*

## Summary

*In a modern circular economy, the manufacturing process follows a logic of eco proactive sustainability, through the transformation of waste into resources, which become secondary raw materials.*

*The ultimate goal of this circular economy remains minimization of waste generation, through a virtuous cycle, able to transform the problem of waste management in the re-evaluation of the resource as a product. Objective of this paper is the technical description, economic and environ-*

*mental effects of the serum reuse process from the processing of mozzarella cheese, that gap gets input of a new and different cycle, aimed at the production of cottage cheese.*

*In particular, it is analyzed a leader in the dairy industry located in eastern Sicily, which uses the technique of flocculation by means of a boiler plant with steam.*

## **1. Introduzione**

Il concetto di economia circolare si è formato come conseguenza alla crisi del tradizionale modello dell'economia lineare, dovuta principalmente al problema della limitatezza delle risorse [1].

Con lo sviluppo del “benessere legato al consumare facile” i concetti di riuso, riciclo e recupero di materia ed energia sono subentrati al conferimento dei rifiuti in discarica, col fine di proteggere e tutelare gli ecosistemi e gli equilibri ambientali [2].

Il 2 dicembre 2015, la Commissione Europea ha fissato nuovi obiettivi, volti a bloccare la mentalità prettamente consumista (portavoce dell'idea sbagliata che l'ambiente offra risorse in maniera illimitata), relativi al riciclaggio ed al funzionamento delle discariche. Ciò porterebbe ad una riduzione del fabbisogno di materie vergini del 17%-18% entro i prossimi 14 anni, risparmi per l'industria europea pari a circa 630 miliardi di euro l'anno, senza contare una potenziale crescita del PIL europeo di circa il 3,9%, accompagnata da un'indubbia crescita nella concorrenza aziendale, da un miglioramento dell'immagine aziendale agli occhi dei consumatori e da una riduzione delle emissioni di gas serra di circa il 2%-4% [3].

È stato deciso, quindi, di analizzare le possibili tecnologie che permetterebbero l'attuazione del nuovo modello economico-ambientale nel settore primario, in particolare nel settore lattiero-caseario siciliano. Tale settore è, infatti, uno dei più rilevanti in Sicilia per la sua presenza nella dieta mediterranea, per i differenti prodotti che le relative filiere riescono ad offrire ai consumatori ed anche in quanto uno degli ambiti di produzione più rilevanti per la Produzione a Prezzi di Base (PPB).

La Sicilia, in passato, secondo i dati raccolti dall'ISTAT, si è contraddistinta per una produzione di latte del valore di 170 milioni di euro (pari a circa il 5% della PPB agricola e zootecnica) ed oggi non è da meno [4].

## **2. Tecnologie di valorizzazione degli scarti nel settore lattiero- caseario**

Secondo i dati forniti dall'Eurostat, nel 2012 in Italia i rifiuti alimentari hanno avuto un ammontare pari a 8,8 milioni di tonnellate, cui solamente il settore lattiero-caseario ha contribuito in una misura pari al 16,1%. È per questa ragione che molte aziende hanno iniziato ad attuare nuove tecnologie in grado di valorizzare gli scarti nei settori alimentare, cosmetico, di igiene personale e manifatturiero [5].

Sono state svolte diverse ricerche sulle tecniche di valorizzazione del siero, tra cui quelle di separazione mediante filtrazione a membrana, secondo le quali un liquido o un prodotto semiviscoso viene filtrato attraverso uno strato di materiale semipermeabile. Si tratta di una separazione a membrane di tipo tangenziale, poiché il prodotto da filtrare scorre parallelamente alla superficie della membrana. In particolare, si possono distinguere: l'osmosi inversa, basata sulla concentrazione di soluzioni ricche di sali e lattosio; la nanofiltrazione, che comporta l'allontanamento dei sali presenti con l'acqua permeata; la microfiltrazione, che sfrutta la pastorizzazione a freddo del latte e del siero; l'evaporazione sottovuoto. Tuttavia, diverse esperienze condotte in laboratori appositi hanno permesso di mettere in evidenza la tecnica dell'ultrafiltrazione, basata sull'utilizzo di una membrana di polietersulfone, con una configurazione a spirale avvolta, ad una temperatura pari a 25°C e pressione trans membrana di 1,5 bar [6]. Questa è emersa come unica tecnica capace di produrre concentrati di siero-proteine (Whey Protein Concentration) ad elevata concentrazione e purezza.

Operando secondo una SWOT Analysis, è necessario tenere conto dei costi e dei benefici che le diverse tecniche possono comportare. Si è potuto constatare che le moderne tecniche a membrana si caratterizzano per costi di investimento e di gestione non elevati e per un prodotto finale che presti più attenzione all'ambiente. Invece, le tecniche ad osmosi inversa ed evaporazione sottovuoto porterebbero a prodotti più pregiati, con una concentrazione proteica maggiore.

Altre tecniche tradizionali (come quello della coagulazione delle sieroproteine, che avviene attraverso il riscaldamento del siero alla temperatura di 80-90°C), richiederebbero ingenti investimenti e personale altamente specializzato, per non parlare della difficile gestione economica ed ambientale.

I vantaggi legati alla riutilizzazione del siero vanno, in ogni caso, ricondotti alla riduzione degli sprechi e alla diminuzione dei costi sostenuti dall'azienda, mostrando un'evidente sensibilità ambientale. In particolare, l'azienda che è stata presa in considerazione utilizza la tecnica di flocculazione per mezzo di un impianto di caldaia con intercapedine riscaldata a vapore, in conformità con quanto previsto dal Regolamento CE 1069/2009 [7], che dispone che tutti i sottoprodotti di origine animale ottenuti dal latte debbano essere sottoposti ad un trattamento in apposito impianto di trasformazione riconosciuto, pur ammettendo deroghe in caso di prodotti e derivati non trasformati, secondo quanto disposto dal Regolamento UE 142/2011 [8]. Un'ulteriore nota positiva che ha spinto l'azienda al suo utilizzo è legata alla sensibilità verde su cui questo processo è focalizzato, oltre che allo scopo di completare la flocculazione delle siero proteine, che altrimenti rimarrebbe incompleta.

### **3. Azienda**

Un'azienda leader del settore, situata nel territorio catanese, è sorta ai piedi dell'Etna nei primi anni Settanta, come un piccolo laboratorio. Nel giro di un decennio lo stabilimento ha assunto i caratteri di una vera e propria industria. In poco tempo, l'azienda ha iniziato rifornire tutte le principali catene di distribuzione del sud Italia, sviluppando in quest'area un forte presidio commerciale.

Negli anni Novanta, ha ampliato il proprio campo d'azione attraverso un'espansione sul mercato nazionale e internazionale, che persiste tutt'ora.

L'azienda consegna in Sicilia ed in Calabria attraverso i punti vendita della grande distribuzione e del dettaglio tradizionale. In Sicilia, in particolare, usufruisce di depositi commerciali diretti, situati a Zafferana (CT), Palermo, Trapani e Caltanissetta e di una piattaforma logistica per la consegna ai punti di vendita della grande distribuzione organizzata (GDO).

Su scala nazionale, l'impresa si avvale di altre piattaforme e depositi commerciali a Genova, Torino, Milano, Monza, Verona, Treviso, Bologna, Viareggio, Chiusi, Firenze, Roma, Frosinone, Assisi, Pescara, Termoli, Napoli, Bari, Lamezia, Reggio Calabria. Inoltre, l'azienda vanta diversi rapporti commerciali in più di 15 Paesi nel mondo tra cui Giappone, Gran Bretagna, Finlandia, Canada, Stati Uniti, Francia, Corea, Germania, mantenendo un'attività di specializzazione che prevede la realizzazione di prodotti tipici regionali. In particolare, mozzarelle e formaggi, latte e ricotta sono le principali aree di business dell'azienda. Quasi il 40% del fatturato è rappresentato dalle mozzarelle, core business aziendale. I formaggi tipici rappresentano circa il 30%, mentre la ricotta ovina e vaccina raggiunge più del 10%. Le vendite di latte fresco ed Uht superano i 20 milioni di litri. Nello specifico, l'azienda vanta la produzione annuale di più di 8 milioni di kg di mozzarella, 10 milioni di kg di altri formaggi e più di 5 milioni di kg di ricotta. Attualmente, l'azienda ha intenzione di internalizzare alcune fasi del ciclo produttivo, dapprima gestite da terzi, investendo nel mercato delle biomasse, con l'intento di ridurre i costi e le emissioni.

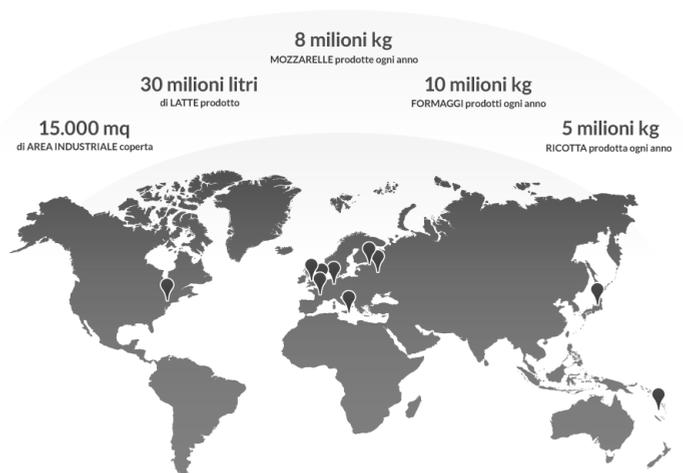


Fig. 1 – Distribuzione e quantità di prodotti venduti annualmente.

#### 4. Tecnica di flocculazione

Come detto, l'azienda presa in esame adotta la tecnica della flocculazione, anche detta coagulazione acidotermica, con l'intento di trasformare il siero, sostanza di scarto nella produzione dei formaggi, in ricotta di alta qualità. La tecnica in questione sfrutta il principio della coagulazione al calore delle proteine, sieroproteine e caseine, presenti nel siero, attraverso un'aggiunta di latte e/o panna in misura variabile tra il 5 il 25%, alla temperatura di 60-70 °C. Si prosegue con il riscaldamento fino alla temperatura di ricottazione pari a 85-94 °C. Raggiunta la temperatura minima di coagulazione, si effettua la correzione del pH fino a valori compresi tra 5,6 e 6,2 per aggiunta di acido citrico, acido lattico, sieroinnesto o altre sostanze acidificanti.

La denaturazione-aggregazione delle proteine porta, infine, alla formazione di un reticolo che ingloba il grasso dando origine a un coagulo di consistenza tenue. Questo processo può avvenire all'interno di flocculatori o di caldaie. L'utilizzo di flocculatori (Silos) nel processo di coagulazione agevola particolarmente la produzione, standardizzando l'output e abbassando i costi, attraverso un procedimento automatizzato, cui prodotto finale è un particolare tipo di ricotta detto "omogeneizzata". Invece, il riscaldamento del siero in caldaie avviene in maniera diretta o indiretta per mezzo di vapore. Nel primo caso, il fluido riscaldante viene immesso direttamente nella miscela siero-latte; questa tecnica, detta gorgogliamento, è più veloce e consente l'inglobamento nel reticolo dell'aria e il più facile affioramento del coagulo proteico, ma l'elevata temperatura del vapore grava sulla qualità finale dell'output.

Nel secondo caso, invece, viene utilizzata una caldaia con intercapedine, detta caldaia a doppio fondo. La superficie interna della caldaia viene riscaldata dal vapore che fluisce nell'intercapedine, evitando il contatto diretto con la miscela. Attraverso un riscaldamento graduale, è possibile migliorare la qualità dell'output finale rallentando, tuttavia, i tempi di produzione. In entrambi i casi l'output finale viene classificato come ricotta tradizionale e si distingue da quella omogeneizzata per l'elevata manualità del processo produttivo che rispetta la tecnica artigianale. La movimentazione dei fluidi (tra cui latte, siero e vapore) e il controllo delle temperature avviene per mezzo di impianti automatizzati. Tutto il resto avviene invece manualmente, tra cui anche la parte finale di raccolta della ricotta. Il coagulo viene lasciato affiorare e consolidare per un periodo variabile tra i 5 e i 20 minuti, al termine dei quali si procede all'operazione di raccolta, detta "cavatura", che si effettua con l'ausilio di un mestolo forato o di una spannarola.

Il coagulo viene, quindi, posto in fscelle in plastica forate per favorire l'eliminazione della parte liquida, detta scotta o siero esausto. Il drenaggio e il raffreddamento della scotta possono richiedere da alcune decine di minuti fino a 24 ore, anche se solitamente lo sgrondo si completa in poche ore, alla fine delle quali la ricotta può essere avviata alle linee di confezionamento.

Tra le diverse innovazioni tecnologiche descritte, l'azienda in esame adotta la tecnica di trasformazione del siero attraverso caldaia a intercapedine, in quanto questa porta diversi vantaggi economici ed ambientali. Il siero, da scarto, diviene input per un nuovo processo produttivo, abbattendo i costi di smaltimento dei reflui e consentendo di realizzare un prodotto finito che, collocato sul mercato, aumenta il fatturato e i margini aziendali.

Lo smaltimento del siero proveniente da trasformazioni casearie, può avvenire attraverso il conferimento ad aziende che ne estraggano la parte proteica ed il lattosio, oppure attraverso impianti che trasformano le biomasse in fonti energetiche. Gli impianti adeguati a tali trasformazioni trattano grandi volumi di siero e per questo sono presenti in aree geografiche ad alta concentrazione di aziende di trasformazione casearia, dove il mercato di ricotta è marginale. Per questo motivo sono assenti nel centro-sud. L'azienda non si avvale quindi di tali impianti, in quanto i costi di trasporto supererebbero il valore del siero conferito, che invece può essere utilizzato per la produzione di un output collocabile in un mercato in continua espansione. L'azienda, per diminuire ulteriormente l'impatto ambientale ed abbassare i costi di smaltimento, ha in programma negli anni futuri, di investire in impianti a biomassa di piccole dimensioni che possano trasformare i reflui aziendali in fonti energetiche.

## 5. Conclusioni

Il processo produttivo di cui si è ampiamente discusso è un esempio di economia circolare, in quanto adotta come input sostanze di scarto di altre filiere. Il risultato cui si perviene consente di annoverare i vantaggi relativi alla lavorazione del siero in termini di riduzione di scarti, rifiuti e liquami, da un lato, e di costi, dall'altro. Questo diventa così un valido esempio per altre piccole e medie imprese (PMI) del settore primario, per quanto concerne strategie, sostenibilità, riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi, utilizzo ottimale delle risorse e investimenti in tecnologie avanzate lungo tutta la filiera. Nell'ottica di future prospettive eco-sostenibili, un mezzo per far emergere ulteriormente le imprese del settore primario è quello di investire nel concetto di metabolismo industriale, con l'obiettivo di "zero waste", puntando sulle fonti energetiche rinnovabili (FER).

## Bibliografia

[1] <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>.

[2] Matarazzo A., Lo Giudice A., Zerbo A., Innovazioni tecnologiche per la valorizzazione dei reflui nell'industria lattiero-casearia, in Atti del Convegno "Ecomondo", Rimini, 07-10 Novembre 2012, pp.187-193.

[3] Panicucci M., Economia circolare: l'Europa spinge al riuso. Ecco i benefici per l'economia, l'occupazione e l'ambiente, in "International Business Times", 26 luglio 2016 in <http://it.ibtimes.com/economia-circolare-leuropa-spinge-al-riuso-ecco-i-benefici-leconomia-loccupazione-e-lambiente>.

[4] <http://www.coreras.it/Upload/allegatipubblicazioni/La%20Filiera%20lattiero%20casearia%202003.pdf>.

[5] [www.ecocerved.it](http://www.ecocerved.it).

[6] [http://www.sardegna.ricerche.it/documenti/13\\_143\\_20081215110012.pdf](http://www.sardegna.ricerche.it/documenti/13_143_20081215110012.pdf).

[7] Regolamento CE n. 1069 del 21 Ottobre 2009, Norme sanitarie per i sottoprodotti di origine animale e i prodotti derivati non destinati al consumo umano, pubblicato in GU L n. 300 del 14 Novembre 2009.

[8] Regolamento UE n. 142 del 25 Febbraio 2011, recante disposizioni di applicazione del regolamento (CE) n. 1069/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio recante norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale e ai prodotti derivati non destinati al consumo umano, e della direttiva 97/78/CE del Consiglio per quanto riguarda taluni campioni e articoli non sottoposti a controlli veterinari alla frontiera Testo rilevante ai fini del SEE pubblicato in G.U.C.E. L n. 54 del 26 febbraio 2011.

# BIOWASTE

## COMPOSTAGGIO A PICCOLA SCALA

L'innovazione prodotta dagli articoli 37 e 38 del collegato ambientale apre una importante prospettiva di sviluppo per il compostaggio a piccola scala.

Il compostaggio a piccola scala, da quello domestico a quello di "comunità", integra il sistema di raccolta e gestione industriale della frazione organica. In anni recenti, esperienze come quelle della diffusione dell'Albo Compostatori Comunale, l'adozione di impianti collettivi e di comunità sollevano problematiche tecniche e legislative relative al monitoraggio, agli sgravi tariffari, alle autorizzazioni, alle costruzioni di reti ecc. La sessione offre una panoramica su questi temi.

A cura di: **ENEA, AMA SpA**

**Presidenti di sessione:**

- Fabio Musmeci, *ENEA*
- Leopoldo D'Amico, *AMA SpA*



# Compost city

*Rosario Pavia [rosario.pavia@gmail.com](mailto:rosario.pavia@gmail.com) Università G. d'Annunzio Chieti*

## **Riassunto**

*Agricoltura urbana, verde pubblico e privato e compostaggio possono costituire una filiera virtuosa con positive ricadute sulla qualità ambientale e la forma della città. Il modello policentrico è una strategia d'indirizzo, va adeguato alla specificità dei territori e dei tessuti urbani. Il compostaggio domestico e di comunità pone sin da ora problemi di adeguamento funzionale di alloggi e condomini. Mentre per gli insediamenti di nuova edificazione sarà più facile innovare i tipi edilizi, come intervenire nella città esistente? Dove trovare lo spazio per gli impianti condominiali e di comunità: nei cortili, in locali specifici all'interno dei complessi residenziali, sulle coperture, nel sottosuolo, nei parchi, negli edifici abbandonati così diffusi nelle periferie industriali delle nostre città? Non sono questi, temi che attengono alla progettazione e alla normativa urbanistica a partire dai regolamenti edilizi? Si aprono scenari di ricerca e sperimentazione di grande impegno.*

## **Summary**

*Urban agriculture, public and private parks and composting can make a virtuous chain with positive impacts on environmental quality and the shape of the city. The polycentric model is an addressing strategy, it must be adapted to the specificity of the territories and the urban structure. Home and community composting poses functional adaptation problems of housing and condominiums. As for the new settlements will be easier to innovate building types, how to intervene in the existing cities? Where to find the space for services facilities: in backyards, in specific locations within the residential complex, on the roofs, underground, in parks, or in abandoned buildings which are so prevalent in the industrial suburbs of our cities? Are not these issues pertaining to the design and planning regulations starting from the building regulations? New research scenarios are now present.*

## **1. Introduzione**

L'Expo 2015 *Nutrire il pianeta* non ha colto pienamente aspetti rilevanti del rapporto che lega la produzione alimentare all'ambiente, il cibo alla città. L'Expo di Milano ha confermato l'inevitabile carattere commerciale delle fiere universali senza fornire un progetto convincente di futuro. Una grande rassegna di prodotti, di cibi, di cluster agricoli, ma in definitiva l'esposizione ha mostrato una insufficiente attenzione alle tecnologie agricole del settore agroalimentare del futuro e ancora meno a nuovi modelli insediativi capaci di far interagire la produzione e il consumo di cibo alla struttura della città del territorio. L'attenzione si è incentrata, quasi esclusivamente, sul problema dell'alimentazione nel mondo, in relazione alla forte crescita demografica prevista per i prossimi decenni. Più cibo, maggiore efficienza produttiva, una più equa distribuzione delle risorse e delle opportunità, nuovi prodotti, meno sprechi. Ben poco, tuttavia si è detto su come l'agricoltura e gli allevamenti incidano sul cambiamento climatico, sull'inquinamento dei suoli e delle acque, sul consumo di risorse forestali. Il cibo, come il petrolio, minaccia il pianeta per cui, ancora una volta, il tema è quello della sostenibilità. Già

ora in molte aree del mondo la produzione agricola contribuisce alla deforestazione, non solo per produrre cibo, ma anche biocarburanti. Parte dei raccolti agricoli sono destinati inoltre agli allevamenti di animali per il consumo di carni. Se la deforestazione diminuisce la capacità di assorbimento dell'anidride carbonica da parte dei corpi vegetali, le produzioni agricole estensive e monoculturali finiscono per impoverire la fertilità dei terreni, la loro consistenza e capacità di assorbimento dell'acqua, con gravi effetti sull'assetto idrogeologico dei suoli. È anche noto che l'espansione degli allevamenti, soprattutto di bovini e suini, sia tra i maggiori fattori di produzione di gas serra.

Ma solo questi aspetti non sono stati messi in rilievo, ma non ci si è chiesto fino in fondo cosa avviene dei resti del cibo, di quello che non viene venduto e soprattutto di quello che non viene consumato e diviene rifiuto.

## **2. Relazione**

Gli scarti alimentari rappresentano una quota rilevante dei rifiuti urbani la cui raccolta avviene in parte in modo differenziato. Oggi selezioniamo i residui alimentari, l'umido, l'organico, ma cosa avviene quando li trasferiamo fuori dall'abitazione? Sappiamo che possono essere valorizzati come compost, come biomassa per la produzione di gas metano. Ma in che misura, con quali modalità e quali prospettive continua a sfuggirci. Mentre per le altre tipologie di rifiuto (vetro, plastica, metallo...) riusciamo a immaginare un loro possibile riciclo, per gli scarti alimentari, forse perché li percepiamo come materiale che il nostro corpo ha rifiutato, scatta un processo di rimozione. Gli scarti alimentari vanno espulsi, allontanati dalla nostra casa e dalla nostra città.

L'Expo non ci ha aiutato a capire che oltre ad una fase di produzione e di consumo ce n'è una terza di smaltimento e recupero attraverso cui i resti organici possono divenire terriccio in grado di fertilizzare i suoli agricoli per produrre nuovo cibo. Questa disattenzione appare ancora più grave se ricordiamo l'enfasi con cui nella fase di ideazione si proponeva fare dell'Expo un modello insediativo ecologico in cui agricoltura e città potessero integrarsi insieme come nuovo paesaggio. Nutrire la terra, al di là del tema drammatico dell'alimentazione e della fame nel mondo, voleva significare prendersi cura dell'ambiente, di un pianeta intensamente abitato e con forti concentrazioni urbane (Carta di Milano). Di qui la ricerca di un modello insediativo in cui la costruzione della città potesse riconciliarsi con la natura in cui i parchi, le reti naturali, gli spazi agricoli entrano nella città e la riorganizzano, diventando gli elementi portanti del nuovo sistema urbano.

### *2.1 Città e spazio agricolo*

In realtà la relazione tra città e spazio agricolo non è nuova. Nell'antichità il dimensionamento delle città dipendeva dalla capacità del territorio agricolo di sostenere l'alimentazione della popolazione urbana, solo le grandi metropoli come Roma imperiale e successivamente Londra e Parigi capitali di stati territoriali potevano contare su derrate alimentari provenienti da territori lontani. All'interno delle mura la presenza di terreni agricoli, soprattutto orti, era un dato ricorrente e gli scarti alimentari, insieme alle deiezioni degli abitanti e degli animali, erano accumulati e utilizzati come concime. Mentre la città tradizionale assorbiva i suoi scarti organici, nella città moderna, per la sua estensione e complessità, il processo di metabolizzazione di rifiuti diviene difficile. Le città divengono sempre più maleodoranti e infette, richiedono misure igieniche imponenti a partire dalle reti fognanti e idriche. Nel contempo vengono introdotti servizi specifici per la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti con una rilevante attività di riciclo a valle del processo, intorno ai confini della città. A ben vedere sono proprio questi primi stabilimenti per l'accumulo, la differenziazione e il trattamento dei rifiuti a segnare i limiti del centro abitato, il passaggio poroso tra città e campagna. Lo schema di una loro contrapposizione, con una netta divisione funzionale e spaziale, dove la campagna si allontana

dal centro abitato lasciando al suo interno solo parchi e giardini non traduce la complessa realtà della città del Novecento. La città giardino inglese, la città paesaggio di Rudolph Schwarz sperimentata a Colonia, il piano delle cinque dita di Steen Eiler Rasmussen per Copenaghen, testimoniano che la campagna faceva parte programmaticamente del sistema urbano. Tale modello insediativo fortemente radicato nella cultura urbanistica del Nord Europa è riemerso, con modalità del tutto diverse, nelle molteplici forme della città diffusa.

## 2.2 Città e rifiuti organici

Cosa significhi questo sul piano della gestione dei rifiuti organici è un tema ancora da esplorare. Possiamo ragionevolmente credere che nella città moderna, dove l'integrazione tra città e campagna era una scelta di piano, la raccolta di rifiuti organici poteva essere finalizzata alla fertilizzazione dei giardini, ma anche dei terreni agricoli. Ma cosa accade nella città diffusa contemporanea? Mancano ricerche specifiche, sebbene alcune rilevazioni indichino che nella campagna urbanizzata del Randstad, della Francia, della Germania dove allevamenti e colture agricole sono distribuiti estensivamente, ci sia un notevole impiego di compost ricavato dal trattamento dagli scarti organici. Qualcosa di simile avviene anche in alcune aree italiane come il Veneto dove l'urbanizzazione diffusa è caratterizzata dalla presenza di piccoli e medi centri "virtuosi" in grado di organizzare riciclare oltre l'80% dei rifiuti urbani raccolti.

Come portare avanti il discorso sui rapporti tra città, agricoltura, cibo e rifiuti organici? Forse un modo utile è portare la riflessione sul suolo, sullo scambio biologico e chimico tra il terreno e l'ambiente soprastante, tra il suolo e gli scarti depositati sulla sua superficie e nel suo spessore. In un appassionato libro, *La pelle del pianeta*, William Bryant Logan ci introduce al tema. La crosta superficiale della Terra, la sua "pelle", è un organismo vivente un manto stratificato, composto da materiali inerti e materia organica fatta di microrganismi, insetti, larve. La "pelle" respira, assorbe e respinge le radiazioni solari, attiva processi chimici che decompongono e metabolizzano i residui organici di origine vegetale e animale o derivanti dagli scarti alimentari. In particolare questi ultimi processi, così delicati nei loro equilibri, così determinanti per arricchire la fertilità, la biodiversità e la consistenza dei terreni sono alla base dei moderni sistemi di compostaggio che con modalità diverse (aerobico e anaerobico) si propongono di trasformare i rifiuti urbani organici in terriccio fertilizzante. A fronte di una abnorme produzione di rifiuti organici in aree a forte intensità abitativa, i processi naturali sono da tempo insufficienti. Oggi i centri di compostaggio si moltiplicano, si diffondono nelle aree periurbane e nei territori agricoli, ma solo una parte dei rifiuti urbani organici vi confluisce: quote rilevanti sono convogliate verso gli inceneritori e le centrali biomassa, e ancora di più verso le discariche che attorniano le città. Nelle discariche controllate, al fine di evitare l'inquinamento dei terreni e delle falde, il cumulo dei rifiuti è separato dal suolo da uno strato di materiali impermeabili. Questa impermeabilizzazione necessaria e invisibile è anche il segno di una sconfitta e di una separazione. Una perdita, in quanto il rifiuto organico non si trasforma in una risorsa per il suolo, tornando ad essere terriccio fertile; una separazione in quanto la città, anche in questa occasione, si distacca culturalmente dal terreno, rinunciando ad incorporarlo nelle sue pratiche progettuali e di governo. Oggi in Italia oltre il 50% dei rifiuti organici finisce in discarica (si tenga conto che i rifiuti urbani organici rappresentano circa il 42% del totale, ovvero qualcosa intorno ai 12 milioni di tonnellate). Mancano gli impianti di compostaggio (nelle regioni meridionali sono quasi del tutto assenti), la raccolta differenziata soprattutto nelle grandi città è ancora insufficiente. Esistono ancora troppi interessi a mantenere la gestione dei rifiuti in una condizione di arretratezza, troppe resistenze a modernizzare un settore in cui prosperano aziende spesso compromesse con criminalità organizzata. Nello stesso tempo, tuttavia, è cresciuta la consapevolezza ambientale, l'interesse per il riciclo, per l'agricoltura urbana, per il contenimento del consumo di suolo.

### **3. Conclusioni**

I risultati della raccolta differenziata dei rifiuti urbani sono positivi nei centri medi e piccoli, a conferma che le politiche ambientali hanno bisogno dell'impegno concreto di comunità che si riconoscono nel territorio. Un tale impegno è più difficile da costruire nelle grandi città, dove non troviamo nessun progetto teso a responsabilizzare le comunità locali, né una strategia per l'integrazione della raccolta dei rifiuti nelle politiche urbane e nelle strumentazioni urbanistiche. Proprio partendo dai rifiuti, è possibile aprire una riflessione sulla forma urbana, sulla sua porosità e capacità di incorporare le aree verdi e i terreni agricoli.

### **Bibliografia**

[1] Logan W.B, "La pelle del pianeta", Bollate Boringhieri 2011

# BIOWASTE

## GESTIONE INTEGRATA DEI RIFUTI, REFLUI E FANGHI DI ORIGINE URBANA: VERSO LA BIORAFFINERIA URBANA

L'obiettivo della sessione è valutare esperienze attuali e nuovi trend verso una gestione integrata dei rifiuti e reflui organici di origine urbana (non escludendo la possibilità di estendere ad altri rifiuti organici), per massimizzare il recupero di energia e biomateriali, riducendo anche al minimo l'impatto degli eventuali flussi residui. Numerosi progetti di ricerca e sviluppo in corso a livello nazionale e internazionale (7°PQ e H2020) trattano queste tematiche.

A cura di: **Università di Verona, Venezia, Roma “La Sapienza” e Bologna in collaborazione con il CTS di Ecomondo**

**Presidenti di sessione:**

- Mauro Majone, *Sapienza, Università di Roma*
- Cecchi Franco, *Università di Verona*



# Smart approach for bio-waste final disposal

*Franco Cecchi<sup>a</sup>, Cristina Cavinato<sup>b</sup>*

<sup>a</sup>*Department of Biotechnology, University of Verona, Verona, Italy. [franco.cecchi@univr.it](mailto:franco.cecchi@univr.it)*

<sup>b</sup>*Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, University Ca'Foscari of Venice, Venice, Italy. [cavinato@unive.it](mailto:cavinato@unive.it)*

## **Riassunto**

*Lo scopo di questo lavoro è fornire una visione completa dell'integrazione della gestione rifiuti urbani (FORSU) e acque reflue, supportata da nuovi dati di impianti in piena scala, Treviso e Rovereto (TN) e recenti reviews scientifiche sull'argomento. Il concetto smart sta nell'applicazione di un processo in grado di garantire il miglior risultato nella depurazione, la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile riutilizzabile direttamente in impianto, la valorizzazione agronomica della FORSU e dei fanghi di supero, ed il recupero di fosforo.*

## **Summary**

*The aim of this paper is to give a point of view on the integration of waste management (OFMSW) and wastewater treatment supported by new experimental data from full-scale plants (Treviso and Rovereto (TN)) and last literature reviews. The co digestion of sludge with the organic fraction of municipal solid waste is a simple way to fully utilise reactor volumes and capital investment, to increase biogas production, to recover energy from waste, to balance the nutrient, to reduce greenhouse gas emission and, when applicable, to increase the performance of the wastewater treatment, than a smart approach in line with circular economy concept.*

## **1. Introduction**

In 2014 three world conferences take place: the 13<sup>th</sup> Anaerobic Digestion World Congress (AD13, Santiago de Compostela, Spain), the 11<sup>th</sup> Latin-America Anaerobic Digestion Congress (DAAL XI, L'Avana, Cuba) and the 2<sup>nd</sup> International Conference on Sustainable Solid Waste Management (Athens, Greece). In these events, key-note speeches addressed the great importance of Anaerobic Co-Digestion process (AcoD), especially for sludge and biowaste co-treatment [1,2,3,4]. Considering the pioneering works of AcoD in Europe [2, 5], on integrated organic waste and wastewater treatment and the increasing of co-digestion studies and applications [1], we can conclude that this approach is mature both from the process and technological point of view. In order to sustain the advantage of this integration, three successful AcoD (of sewage sludge and organic waste) processes implemented at full scale in Italy, are here below discussed, together with a discussion on the feasibility of using food waste disposer as alternative to truck collection.

## **2. Technologies and processes: biowaste and wastewater integrated treatment**

A smart wastewater treatment plant must represent a service for the city and territory, where citizen and environment are the beneficiaries. With this vision, the WWTP treats both waste-

water and the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) from separate collection. The disposal of the OFMSW to the WWTP could be carried out through different ways: using trucks or through the sewer system, after using the under-sink food waste disposer (FWD). Regardless the transfer modality, even if it could obviously changes the treatment's plant configuration, what is of interest is the concept that a wet material such as OFMSW, which contains about 90% of water, is treated inside a WWTP suitable to receive and valorise it. In fact, thinking about other disposal techniques, an incineration plant is not suitable for the treatment of organic waste because of its limited calorific value; even the direct treatment in composting is not optimal, considering the high moisture content of the waste which would require a substantial amount of structuring material to increase piles porosity. In the smart WWTP, wastewaters are treated in biological nutrient removal processes (nitrogen and phosphorus, BNR) as well as the organic carbon. The OFMSW that comes in the same plant, thanks to its high biodegradability can (after a fermentation step) ensure effective biological removal of nitrogen and phosphorus, increasing the carbon to nitrogen ratio of the incoming waste and its biodegradability characteristics (increased rbCOD, the readily biodegradable COD fraction). The process scheme was proposed by Cecchi et al. in 1994 (see Fig. 1) and realised at full scale at Treviso in 1999; results of long time exercise will be illustrated later on. Then, why is this a smart approach? The integrated approach is smart because it is able to guaranty the best treatment results, the electric energy production from renewable source to be used directly inside the WWTP, the agronomic valorisation of the OFMSW and sewage sludge and, finally, phosphorus recovery.

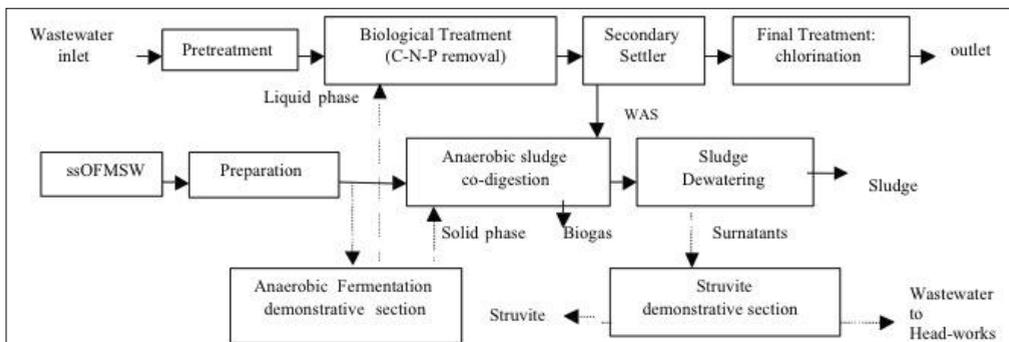


Fig. 1 – Integrated wastewater and waste treatment scheme [5].

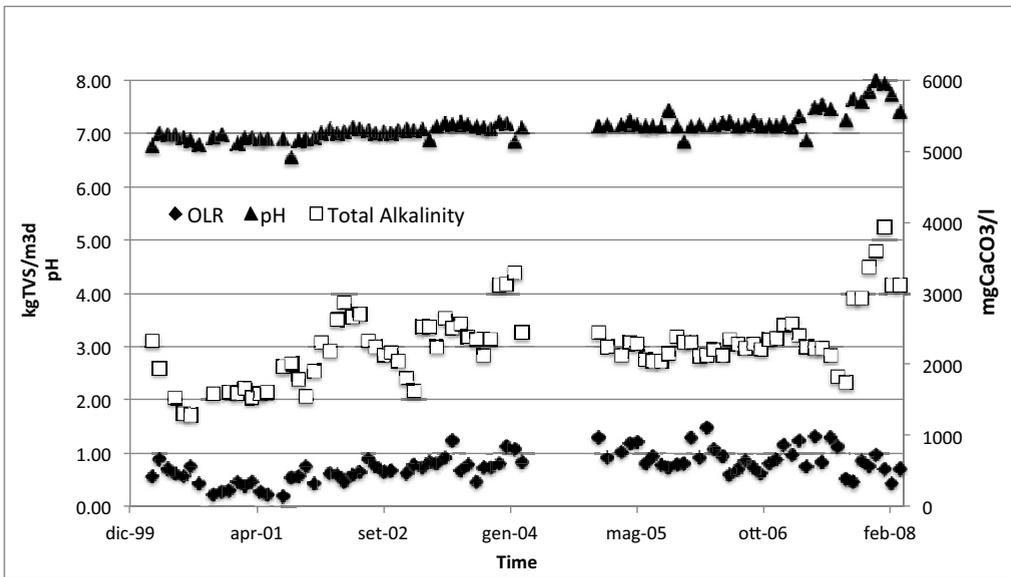
The smart approach development could be even named “biorafinery approach”: the co-treatment of different organic waste through biological technologies could lead to the production of bio-based and biodegradable polyesters such as the polyhydroxyalkanoates (PHAs) using mixed cultures and wastes.

### 3. Source Separate Collection and co-digestion: Italian case studies

First project was realised in Treviso, followed by Camposampiero (PD) and Rovereto (TN). The first and the last WWTPs were monitored by the authors, than a deeper presentation and discussion is carried out.

**Treviso WWTP** is operative since 1999: 70,000 PE, BNR treatment process (Fig. 3b). Sludge produced is thickened at 3% of total solids and co-treated with OFMSW (up to 10 t d<sup>-1</sup>) in a 2200 m<sup>3</sup> anaerobic digester. The organic fraction from separate collection is pre-treated with a low-power system (Patent RN 2004A000038, 2004). The co-digestion section operated under both mesophilic and thermophilic temperature (this last for about 4 months), and under

widely variable operating conditions but almost never at full capacity (about 200 t month<sup>-1</sup>). During 8 years of monitoring activity, it is possible to observe different operative process conditions: during the first year the digester was fed with only sewage sludge and the biogas production was not sufficient to reach the mesophilic temperature (35°C); from August 2001 the OFMSW started to be fed into the anaerobic digestion process with a consequent increased biogas production and temperature. Mesophilic condition was maintained during all the years after, until Aug 2007 in which thermophilic temperature (55°C) was tested. The monthly biogas production trend shows a production that ranges from minimum 6,000 m<sup>3</sup>month<sup>-1</sup> to a maximum of 21,000 m<sup>3</sup>month<sup>-1</sup>. The average monthly gas production was 14,097 m<sup>3</sup> month<sup>-1</sup> and the seven years average Specific Gas Production (SGP) was 0.3 m<sup>3</sup>kgTVS<sub>feed</sub><sup>-1</sup> instead of 0.12 typical of AD of secondary sewage sludge alone; that is a doubled biogas production even with a limited quantity of OFMSW. During these seven years of mesophilic working temperature, the process was monitored in terms of stability parameters, showing no overload conditions and increasing process stability: total alkalinity ranged between 1,600 and 3,300 mgCaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> with an average of 2,328 mgCaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> while pH between 6.8 and 7.5 with an average value of 7.15 (Fig. 2).



**Fig. 2** – Temperature, total alkalinity and Organic Loading Rate behaviour during eight years of anaerobic co digestion process monitoring.

**Rovereto (TN)**, is a city with about 40,000 inhabitants with a production of 12.5 t/d of OFMSW and a recycling rate of 65%. Municipal and industrial wastewaters are treated in a WWTP with a design capacity of 90,000 PE: pre-treatment, primary sedimentation, secondary sedimentation and disinfection. The sludge produced by the primary and secondary sedimentation is thickened dynamically and sent to two mesophilic anaerobic digesters (5,000 m<sup>3</sup> total working volume, Fig. 3a). Biogas produced is converted into electricity and heat by two high efficiency gas turbines, while the digested sludge is dewatered to approximately 23% TS by centrifugation. In 2014 the Rovereto WWTP implemented the concept of AcoD process. The organic waste is pre-treated and pumped in the two digesters, after removal of inerts. The pretreatment unit is a Wackerbauer TM75, which provides the grinding/pulping

of the organic substance and the separation of plastic and other residues. The slurry has a total solid content (TS) of 5.2% and volatile (TVS) of 82% TS. This stream is treated in a hydro-cyclone for the separation of sands/plastics and stored in two tanks before being fed directly to the digesters. The residuals are sent to landfill (15-20% wet weight). Considering the results obtained, it is possible to observe that the increasing of organic loading due to codigestion of the OFMSW and SS didn't affect the total Alkalinity that was maintained almost stable with an average value of 3,842 mgCaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup>. The energy yield passed from 4,5 to 7 MWh per day, while the energy demand for pre-treatment was only 0.5 MWh per day. These figures allowed to cover the energy demand of some 35 kWh per person equivalent per year. The average values of the monitored period are given in Tab. 1.

| Parameters                     | Unit   | Treviso | Rovereto |
|--------------------------------|--|---------|----------|
| Temperature                    | °C   | 35.7    | 35-37    |
| pH                             |  | 7.15    | 7.42     |
| Total Alkalinity               | mgCaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup>                              | 2,328   | 3,842    |
| Total Solids                   | g l <sup>-1</sup>  | 30.1    | 23.98    |
| Total Volatile Solids          | g l <sup>-1</sup>  | 15.8    | 16.34    |
| TS/TVS                         | %  | 52.4    | 68       |
| Biogas production              | m <sup>3</sup> month <sup>-1</sup>                               | 14,097  | 86,070   |
| Gas production rate (GPR)      | m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> <sub>reactor</sub> d <sup>-1</sup> | 0.21    | 0.43     |
| Specific Gas Production (SGP)  | m <sup>3</sup> kgTVS <sup>-1</sup>                               | 0.3     | 0.5      |
| Hydraulic Retention Time (HRT) | d  | 25-30   | 30-40    |
| Organic Loading Rate (OLR)     | kgTVS m <sup>3</sup> <sub>reactor</sub> d <sup>-1</sup>          | 0.87    | 1.38     |
| OFMSW collected                | t month <sup>-1</sup>  | 107.7   |          |

**Tab. 1** – Treviso (7 years) and Rovereto (1 years) anaerobic digestion process performance monitoring; plants in fig. 3.



**Fig. 3.** Pictures of a) Rovereto and b) Treviso WWTPs.

**Camposampiero WWTP** is operative since 2005: 35,000 PE of wastewater treatment capacity and a wet anaerobic co-digestion process working at 55°C (bi-phase Linde process, 1,500 m<sup>3</sup> first phase and 3,300 m<sup>3</sup> second phase). Design data considers 16,000 t y<sup>-1</sup> of OFMSW treated together with 25,000 t y<sup>-1</sup> of manure and 7,800 t y<sup>-1</sup> of thickened sludge (8% total solids). As for the pre-treatment of organic waste, after a primary shredding the material passes through an iron removal and milling step, and then it reach a wet-pulper. Here, the material is diluted

with water or leachate from industrial organic waste. The heavy aggregates (glass, stones, etc.) are removed from the bottom of the pulper while the liquid pulp is fed to a sieve drum for the removal of light coarse materials and plastic, before reaching the first stage of anaerobic co-digestion process. The excess sludge produced by the WWTP and manure, are fed directly to the thermophilic digester. Operative conditions and performance of this plant is as follow [6]: HRT, d: 22; OLR,  $\text{kg}_{\text{VS}} \text{m}^3 \text{d}^{-1}$ : 3,52; SGP,  $\text{Nm}^3 \text{kg}_{\text{VS}}^{-1}$ : 0,67; GPR,  $\text{Nm}^3 \text{m}^3 \text{d}^{-1}$ : 1,46;  $\text{CH}_4$ , %: 58-60.

About the approach of using the sewer to take the OFMSW to the WWTP, the under-sink food disposer is of great interest as highlight Prof. Polanco in his key-note, but the use of this technique didn't have particular applications in Italy. The situation is not so different in Europe; significant experiences about this transportation modality of OFMSW to the treatment plant have been studied. They demonstrate the incongruity of impediment to the use of this technique, also through the illustration of data of some experiments carried out at full scale. In particular it was noted that there are more than 110 million devices installed worldwide. Despite this fact there are objections against the use of under-sinks disposer, which concern clogging and settling phenomena in the sewer system, pollution of water bodies, overload and increased sludge production in wastewater treatment plants. The technical study emphasize that: there is no problem of clogging and no need for extraordinary measures to be implemented in the sewer system caused by the use of the under-sink disposer [7] there are no particular problems caused by a solid load increasing in the wastewater [8] there is no problem of clogging, fouling and sedimentation [9]; the sedimentation problems are related to the improper use of the equipment; the material in the sewer system is only partially hydrolysed and not fermented, and there are not dangerous methanogenic phenomena.

#### 4. Conclusions

Smart approaches for biowaste final disposal are those that allow to reduce first of all the environmental impacts related with waste management: in this contest the application of under sink waste disposer avoid transportation pollution and management costs. The second smart aspect is the energy recovery through anaerobic co-digestion of organic waste and sewage sludge, together with a reduction of  $\text{CO}_2$  emission if compared with composting technologies. Considering the long term successful application of anaerobic co-digestion process within Italian territory, it is possible to conclude that from the technological and environmental point of view, there are no further impediments for new applications of these smart approaches.

#### References

- [1] Mata-Alvarez J., Dosta, J., Romero-Guza MS., Fonoll X., Peces M., Astals S. (2014). A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36: 412-427.
- [2] Cecchi, F., Traverso, P.G., Perin, G., Vallini G. (1988). Comparison of codigestion performance of two differently collected organic fractions of municipal solid waste with sewage sludge. *Environmental Technology Letters*, 9: 391-400.
- [3] Cecchi F. and Cavinato C. (2015). Anaerobic digestion of bio-waste: A mini-review focusing on territorial and environmental aspects. *Waste Management & Research*. 33(5): 429-438.
- [4] Pérez-Elvira SI., Cano R., Polanco M., Sousa TSO., Fdz-Polanco F. (2014). Domestic food waste and sewage sludge combined treatment implementing household food waste disposers. In: *Proceeding of XI Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion, XI DAAL 2014*, La Havana Cuba, 26-28 November ISBN: 9789592614703.
- [5] Cecchi, F., Battistoni, P., Pavan, P., Fava, G., Mata-Alvarez, J. (1994). Anaerobic digestion of OFMSW and BNR processes: a possible integration. Preliminary results. *Water Science and Technology*, 30(8): 65-72.
- [6] Gatto O., Dindo A., Scarpa C. (2006). Digestione anaerobica a liquido e a secco: un confronto su scala industriale. In *proceeding of SEP Pollution*, Padova 14-15 marzo 2006.

- [7] Department of Environmental Protection, The City of New York, 1997. The impact of food waste disposers in combined sewer areas of New York City. Executive Summary <http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/grinders.pdf> (accessed September 25, 2015).
- [8] Nilsson, P., Hallin, P., Johansson, J., Karlén, L., Lilja, G., Petersson, B., Petterson, J., (1990). Waste Management at the Source Utilising Food Waste Disposers in Home: A Case Study in the Town of Stafanstrom—*Final Report*. Department of Environmental Engineering, Lund Institute of Technology, The University of Lund, Sweden.
- [9] De Koning, J., Van der Graaf, J.H.J.M., (1996). Kitchen food waste disposers. Effects on sewer systems and wastewater treatment. Technical Report, Department of Water Management, Environmental and Sanitary Engineering, Technische Universiteit Delft, Holland.

# BIOWASTE

## SESSIONE TECNICA

Il biorifiuto, la sua produzione, le raccolte differenziate del rifiuto organico, il trattamento, la digestione anaerobica, il compostaggio, la produzione di fertilizzanti organici, la valorizzazione del compost e del biogas mediante generazione di biometano, le nuove bioraffinerie rappresentano i temi di questa sessione.

A cura di: **Comitato Tecnico del Consorzio Italiano Compostatori**

**Presidenti di sessione:**

- Massimo Centemero, *CIC*
- Alberto Confalonieri, *Scuola Agraria Monza, Comitato Tecnico CIC*
- Lorella Rossi, *CRPA Reggio Emilia, Comitato Tecnico CIC*



# Impianto innovativo di produzione del tirosolo da scarti della lavorazione delle olive

*Ezio Di Bernardo\** [ezio.dibernardo@gmail.com](mailto:ezio.dibernardo@gmail.com), *Dario Pozzetto\*\**, *Simone Rocco\**

*\*ASOC OVERSEAS Consulting Frosinone*

*\*\*Dipartimento di Ingegneria e Architettura – Università di Trieste*

## **Riassunto**

*Scopo di questa memoria è quello di illustrare il ciclo di lavoro e l'impianto innovativo di produzione di composti ad alto valore economico e di prima qualità (tirosolo e altri antiossidanti), come i precursori degli W3 utilizzando i prodotti di scarto della lavorazione delle olive (fogliame fresco, noccioli e sansa).*

*L'impianto analizzato è molto diverso rispetto quello tradizionale con estrattori chimico-biologici, che possono inquinare l'ambiente, ed è integrato con un impianto di digestione anaerobica innovativo e il tutto è connesso con un impianto di cogenerazione.*

*Esso è costituito da una serie di fasi operative che prevedono:*

- separazione delle olive dal fogliame fresco;*
- stoccaggio e invio del fogliame all'impianto di estrazione a fluidi supercritici;*
- snocciolamento delle olive;*
- triturazione dei noccioli di oliva;*
- stoccaggio, eventuale vendita e alimentazione del polverino dei noccioli d'oliva in un impianto di combustione per la produzione di energia termica, utilizzabile per i consumi energetici di realtà aziendali energivore vicine o lontane dall'impianto integrato. Nello stesso combustore viene inserito il residuo solido del fogliame proveniente dall'estrazione a fluidi supercritici. Tale attività è limitata nel periodo di raccolta delle olive, ma può essere prolungata utilizzando altri residui solidi;*
- stoccaggio della sansa e invio in un impianto innovativo di digestione anaerobica a quattro fasi (idrogenesi aerobica, idrogenesi anaerobica, acidogenesi-acetogenesi e metanogenesi), per la produzione di biogas utilizzabile nell'impianto di cogenerazione per la produzione di energia elettrica e termica per i fabbisogni interni.*

*Inserito nell'intera filiera produttiva c'è l'impianto di spremitura a freddo dell'olio alimentato con l'energia elettrica autoprodotta.*

## **Summary**

*The purpose of this memory is to illustrate the working cycle and the innovative plant of production of high economic value and quality first compounds (tyrosol and other antioxidants), as the precursors of  $\Omega 3$  using the processing of waste products olives (fresh leaves, kernels and pomace). The system analyzed is very different than the traditional one with chemical and biological extractors, which can pollute the environment, it is integrated with an innovative anaerobic digestion plant and everything is connected with a cogeneration plant.*

*It consists of a series of operating steps that provide:*

- *separation of the olives from the fresh leaves;*
- *storage and dispatch of leaves plant extraction in supercritical fluids;*
- *stoning of the olives;*
- *shredding of olive stones;*
- *storage, eventual sale and supply of the powder of the olive pits in a combustion plant for the production of thermal energy, usable for the energy consumption of energy-intensive business nearby or distant from the plant actually integrated. At the same combustor is placed the solid residue of the foliage of a supercritical fluid extraction. This activity is limited during the olive harvest, but can be extended using other solid residues;*
- *storage of pomace and sent into an innovative anaerobic digestion plant in four phases (hydrogenesis aerobic, anaerobic hydrogenesis, acidogenesis-acetogenesis and methanogenesis), for the use of biogas in the CHP for production of electricity and thermal energy for internal needs. Submitted entire production chain is the cold pressed plant oil fueled with the self-produced electricity.*

## **1. Introduzione**

Dalla lavorazione industriale delle olive per la produzione di olio di oliva extra-vergine si ottengono degli scarti che attualmente vengono smaltiti direttamente nei campi come ammendante (sansa) o utilizzati come combustibili previa triturazione (fogliame fresco e noccioli) [17].

Per valorizzare economicamente questi scarti, si intende studiare la possibilità di produrre dei composti ad alto valore economico e di prima qualità (tirosolo e altri antiossidanti), come i precursori degli W3.

L'impianto tradizionale con solventi ad estrazione chimica, che ha la possibilità di realizzare questi composti ad alto valore economico, presenta degli indubbi svantaggi quali: bassa resa di solvatazione (60-70%), difficoltà di recupero del solvente con conseguente aumento dei costi e presenza di solventi esausti da composti di scarso interesse economico che vengono smaltiti attraverso un processo di combustione o defluiti in piccole quantità nelle acque reflue dell'oleificio [20].

Appare perciò interessante, nella sostenibilità dell'oleificio, studiare un nuovo sistema impiantistico (bioraffineria a basso raggio) costituito da: un impianto di digestione anaerobica innovativo [21] integrato da un impianto di cogenerazione che fornirà l'energia elettrica e termica alle varie fasi operative dell'oleificio, e dell'impianto a fluidi supercritici per estrarre il tirosolo ed altri antiossidanti, nel periodo di raccolta delle olive. Nel periodo rimanente dell'anno si intende utilizzare i due impianti considerati (digestione anaerobica e cogenerazione) per smaltire altri rifiuti solidi presenti nell'azienda agricola dai quali si potranno ottenere altre tipologie di prodotti come, ad esempio, l'olio di oliva al peperoncino, la selezione dei tensioattivi anionici e cationici, i monomeri e i dimeri per produrre bio-plastiche, ecc.

Si precisa che vi sono dei riferimenti di bibliografia in più rispetto a quelli citati nel testo, poiché fanno parte di una descrizione di processi industriali ormai tradizionali [1-9, 11-14].

## **2. Relazione**

*Descrizione e analisi dell'impianto innovativo integrato*

I quattro sistemi impiantistici sono:

- impianto di digestione anaerobica innovativo;
- impianto oleario;
- estrattore con fluidi supercritici;
- forno di combustione.

Nel primo impianto si convoglierà sia la sansa e le acque vegetative, sia i reflui suini al fine di raggiungere la potenza elettrica di 150 kW. Seguirà un separatore osmotico per separare il fluido dalla componente solida, che poi verranno inviati rispettivamente allo stadio di idrogenesi anaerobica e a quello di idrogenesi aerobica. L'impianto sarà completato degli stadi di acidogenesi-acetogenesi e metanogenesi. Sia il percolato, proveniente dall'idrogenesi aerobica, sia l'indigesto, proveniente dall'idrogenesi anaerobica, vengono fatti convogliare nello stadio dell'acidogenesi-acetogenesi, mentre l'indigesto di quest'ultimo stadio termina in quello della metanogenesi. Nel processo si ha una produzione di biogas dall'idrogenesi anaerobica (circa il 5% di biogas rispetto all'indigesto presente nel reattore), circa il 20% di biogas dalla biomassa dell'indigesto del terzo stadio e il 75% di biogas proveniente dalla biomassa del quarto ed ultimo stadio. Tenendo presente il fatto che la sansa produce 80-90 Nm<sup>3</sup>/t in mesofilia (41-43°C) [18], si arriva alla stima di 93,6-105,3 Nm<sup>3</sup>/t nel sistema innovativo a quattro stadi [21]. Le operazioni tipiche dell'impianto oleario sono: stoccaggio a breve termine (massimo 48 ore), defogliazione e lavaggio (si elimina il 5-10% della biomassa entrante), frangitura contemporanea della polpa e del nocciolo, gramolatura e pressatura per ottenere l'olio extra-vergine. Si tratta di una serie di lavorazioni a freddo controllate in modo da mantenere la temperatura al di sotto dei 27°C. Si indica con la molitura le fasi di frangitura, gramolatura e sgocciolamento del percolato; si tratta di un'operazione molto complessa in quanto tra la frangitura e la gramolatura si aggiungono tra i 60-120 dm<sup>3</sup> di acqua a 60°C, che deve essere poi smaltita come acqua di vegetazione da inviare alla digestione anaerobica [16].

La terza fase del sistema integrato è costituita da un impianto estrattore a fluidi supercritici, che nel caso in esame utilizza solo anidride carbonica a 40-80°C e una pressione tra 90-110 bar [15]. Dovendo estrarre delle sostanze, quasi allo stato puro, non servono valori di pressione di CO<sub>2</sub> molto alti (se si vuole ottenere delle miscele pregiate si arriva fino a 400 bar).

Il sistema integrato può essere completato, qualora nelle vicinanze c'è la presenza di un impianto energivoro, che funge da utilizzatore dell'energia termica prodotta, da un piccolo forno di combustione per lo smaltimento dei noccioli frantumati in precedenza e delle foglie (ottenute dalla defogliazione); il potere calorifico inferiore per il nocciolo è pari a 0,96 kJ/kg (4200 kcal/kg) [16]. Qualora però non c'è una domanda energetica sufficiente, è possibile vendere i noccioli frantumati, il fogliame e le ramaglie nel mercato.

Gli impianti esaminati, che costituiscono un tipo di bioraffineria, consentiranno di ricavare diversi prodotti (tirosolo, antiossidanti, ecc.), che avranno la possibilità di coprire esigenze di mercato molto eterogenee tra di loro.

La figura 1 riporta i flussi di massa e i processi caratteristici dell'impianto integrato considerato.

L'analisi dei flussi di energia e di massa delle due possibili configurazioni per la produzione dell'olio di oliva extra-vergine, suffragata da rilievi sperimentali in laboratorio dei singoli stadi del processo, consente di ricavare [16]:

- relativamente all'impianto oleario tradizionale, esso presenta un consumo di 50-60 kWh<sub>e</sub> corrispondente al trattamento di 30-50 kg/h di olive. Tale attività presenta un funzionamento teorico di 8 ore/giorno a cui si sommano i tempi di setup e di fermata per guasto. Nei 60 giorni di attività di raccolta delle olive ha un consumo previsto tra 24-28 MWh<sub>e</sub>;

- relativamente all'impianto di molitura, esso presenta un consumo di 50-60 kWh<sub>e</sub> corrispondente al trattamento di 40-60 kg/h di olive. Tale attività presenta un funzionamento teorico di 8 ore/giorno a cui si sommano i tempi di setup e di fermata per guasto. Nei 60 giorni di attività si ha un consumo previsto tra 15-18 MWh<sub>e</sub>, con una riduzione del consumo di acqua del 50% visto che al suo interno si opera con temperature tra i 50-60°C.

Un altro impianto molto energivoro, che fa parte di questo sistema impiantistico integrato, è quello a fluidi supercritici. Il suo reattore di estrazione ha un volume pari a 5 dm<sup>3</sup>. In funzione al fatto che si lavora a 40-80°C e una pressione tra 90-110 bar [15], le foglie fresche si compat-

tano automaticamente (perdendo in primo luogo aria e acqua); il consumo elettrico, su 8 ore lavorative, è circa 25 MWh<sub>e</sub> con una produzione di 25 g di tirosolo su 100 kg foglie fresche. Utilizzando lo stesso principio, ossia diversi rapporti di CO<sub>2</sub> ad alta pressione e temperatura, dallo stesso substrato si estraggono altri antiossidanti (precursori degli Ω3) [10].

Per smaltire i residui prodotti e coprire la potenza elettrica richiesta dall'impianto oleario e dall'impianto dei fluidi supercritici, si utilizzerà l'impianto di digestione anaerobica innovativo della potenza di 150 kW<sub>e</sub>, annesso ad un impianto cogenerativo della stessa taglia. Si tenga presente che il calcolo dei consumi e delle potenze sopra riportate si basa su un ciclo annuo di 60 giorni, ma tutti gli impianti possono funzionare con altre matrici (ad esempio estrazioni di sostanze nobili riguardano pure l'erba medica – *Medicago sativa L.*) [19], che consentono di far funzionare l'impianto con continuità per tutto l'anno.

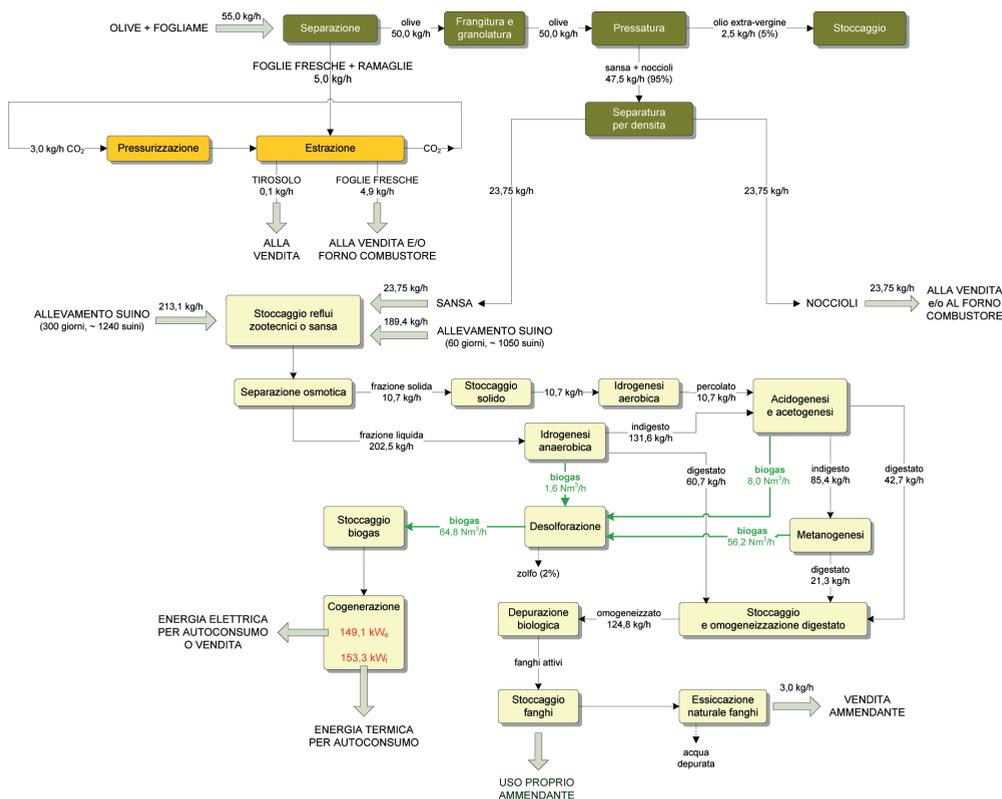


Fig. 1 – Flussi di massa e i processi caratteristici dell'impianto integrato considerato

### 3. Conclusioni

Il lavoro presenta la descrizione di un impianto innovativo di produzione di composti ad alto valore economico e di prima qualità (tirosolo e altri antiossidanti), come i precursori degli Ω3 utilizzando i prodotti di scarto della lavorazione delle olive (fogliame fresco, noccioli e sansa). I valori dei flussi di massa e di energia riportati devono essere validati in un impianto reale che si sta progettando e realizzando presso un imprenditore agricolo interessato, al fine di ridurre la dipendenza energetica dalle fonti tradizionali di energia per i suoi fabbisogni, rispettando i dettami degli obiettivi europei sui cambiamenti climatici e la sostenibilità energetica (Piano 20-20-20 e COP 21).

## Bibliografia

- [1] Angerosa F., Di Giacinto L., Solinas M.: Influenza dello stoccaggio in massa delle olive sull'aroma degli oli di risulta: valutazione del difetto di "riscaldamento" mediante HPLC e GLC dei componenti volatili. Rivista di Merceologia 1990, 29, 275-294.
- [2] Garcia L.: Olive storage in a vacuum and under CO<sub>2</sub> atmospheres. Agricoltura 1990, 690, 59-61.
- [3] Garcia J.M., Streif J.: The effect of controlled atmosphere storage on fruit and oil quality of 'Gordal' olives. Gartenbauwissenschaft 1991, 65, 233-238.
- [4] Castellano J.M., Garcia J.M., Morilla A., Perdiguero S., Gutierrez F.: Quality of Picual olive fruit storage under controlled atmospheres. J. Agric. Food Chem. 1993, 41, 537-539.
- [5] Ben Stati M., Gerasopoulos D., Metyidakis I., Kiritsakis A.: The effect of harvest maturity, temperature, modified atmosphere and salt on the olive oil quality of stored "Koroneiki" olives. Riv. Ital. Sost. Grasse 1994, 71, 235-241.
- [6] Garcia J.M., Gutierrez Rosalez F., Castellano J.M., Perdiguero S., Morilla A., Albi M.A.: Influence of storage temperature on fruit ripening and olive oil quality. J. Agric. Food Chem. 1996, 44, 264-267.
- [7] De Felice M. Conservazione delle olive per congelamento. Effetti sulle rese dell'olio. Riv. Ital. Sost. Grasse 1994, 71, 235-241.
- [8] De Felice M., Cinquanta L.: Effetti della conservazione delle olive per congelamento a varie temperature sulla qualità dell'olio. Atti del convegno: "Qualità dell'olio d'oliva e tecnologie di lavorazione" (Lecce, 1991), 103-112.
- [9] Alloggio V., Caponio F., De Leonardis T.: Influenza delle tecniche di preparazione della pasta di olive sulla qualità dell'olio. Nota I. Profilo quali-quantitativo delle sostanze fenoliche, mediante HPLC, in olio d'oliva vergine della cv Ogliarola Salentina. Riv. Ital. Sost. Grasse 1996, 73, 355-360.
- [10] King J. W., Cygnarowicz-Provosti M., Favati F.: Supercritical fluid extraction of evening primrose oil kinetic mass and transfer effects, Ital. J. Food Sci. 1997, 3, 9, 194-204.
- [11] Poerio A., Bendini A., Cerretani L., Botoli-Carbognin M., Lercker G.: Effect of olive fruit freezing on oxidative stability of virgin olive oil. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2008, 110, 368-372.
- [12] Bianchi B., Catalano P.: Analisi teorica e prove sperimentali su diversi sistemi di frangitura. Atti del Convegno Nazionale dell'AIGR. Maratea (PZ), 7-11 giugno 1993.
- [13] Amirante P., Di Renzo G.C., Di Giovacchino L., Bianchi B., Catalano P.: Evoluzione tecnologica degli impianti di estrazione dell'olio di oliva. Olivae, 1993, 48, 43-53.
- [14] Angerosa F., Di Giacinto L.: Caratteristiche di qualità dell'olio di oliva vergine in relazione ai metodi di frangitura. Nota II. Riv. Ital. Sost. Grasse 1995, 72, 1-4.
- [15] Adami M., De Santis A., Ferri D., Piccinelli E., Albergo R., De Corato U., Di Sanzo G., Leone G.P., Maccioni O., Palazzo S., Trupo M., Zingarelli G.: Estrazione di sostanze ad azione antifungina da foglie di arancio dolce (*Citrus sinensis Osbeck*), olivo (*Olea europea sativa L.*) ed alloro (*Laurus nobilis L.*) con la tecnica dell'anidride carbonica supercritica, ENEA, 2006.
- [16] Bonari E., Silvestri N., Ercoli L.: Acque di vegetazione dei frantoi oleari, [www.artasicilia.eu](http://www.artasicilia.eu), 2003.
- [17] Ciuffoletti Z.: Olio – Tesoro del Mediterraneo, Alinari, 2004.
- [18] Risini S.: Biogas: La valorizzazione degli scarti di lavorazione delle olive, Analisi & tecnologie ambientali – SERECO, 2010.
- [19] Cong-Hong Y., Guo X., Rong-Rong H., Yu-Jia Z., Yi-Fang L., Bun T., Hiroshi K., De-Po Y.: Effects of a Purified Saponin Mixture from Alfalfa on Plasma Lipid Metabolism in Hyperlipidemic Mice, Journal of Health Science, 2011, 57, 5, 401-405.
- [20] Miccio F., Ruoppolo G., Russo S.: Sviluppo di un processo termico per la generazione di calore ed energia da sansa vergine di oliva, La termotecnica – Energia e biomasse, 2013.
- [21] Di Bernardo E., Pozzetto D., Rocco S.: An innovative process for integrated four phase anaerobic digestion system, Ecomondo, Rimini, 2014.

# Indagine sugli scarti di trattamento della FORSU per applicazioni energetiche. Aspetti gestionali e tecnico – operativi.

*Pietro Garzone [pietro.garzone@enea.it](mailto:pietro.garzone@enea.it), Walter Giudice  
ENEA, Centro Ricerche Trisaia – Rotondella (MT)*

## **Riassunto**

*La gestione degli scarti provenienti dal trattamento della FORSU (Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani) costituisce un problema comune a tutti gli impianti di bio-trattamento. L'ENEA ha effettuato uno studio per valutare il destino più sostenibile degli scarti "non inerti", sia dal punto di vista economico che ambientale.*

*Lo studio, finalizzato alla valorizzazione a fini energetici degli scarti, ha messo in evidenza che, per l'ottimizzazione del processo, è necessario ridurre all'origine il contenuto di materiali non biodegradabili, intervenendo, in primo luogo, sui sistemi di raccolta e sulla consapevolezza dei cittadini.*

## **Summary**

*The management of wastes from OFMSW (Organic Fraction of Municipal Solid Waste) is a problematic related to all bio-treatment plants.*

*ENEA has led a study to assess the most economical and environmental sustainable end of these scraps.*

*The study, aimed at energy recovery from wastes, suggests that it is necessary, for process optimization, to reduce at the source content of non-biodegradable materials. Reduction is mainly related to collection systems and citizens' awareness.*

## **1. Introduzione**

La gestione degli scarti provenienti dal trattamento della FORSU (Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani) costituisce un problema comune a tutti gli impianti di trattamento (compostaggio e/o digestione anaerobica), della frazione organica.

Plastiche, tessili ed inerti (metalli e vetro), rappresentano all'incirca il 10-15% della massa conferita, e la loro rimozione è necessaria sia per motivi economici, in quanto la loro gestione, unita a quella dei percolati e degli inerti (sabbie e materiali pesanti di ridotte dimensioni), incide mediamente per il 25-30% dei costi totali operativi, sia per finalità di processo, influenzando direttamente la conduzione dei digestori in termini di rese di produzione e di qualità del biogas e la qualità finale del compost. Le analisi merceologiche effettuate hanno evidenziato che gli imballaggi in plastiche tradizionali costituiscono la componente predominante, raggiungendo valori prossimi al 40-60% del peso complessivo degli scarti [2].

Tenuto conto della natura di tali materiali di scarto, si è provveduto ad una loro caratterizzazione finalizzata al recupero energetico, come valida alternativa al conferimento in discarica che, ad oggi, costituisce la principale destinazione finale con importanti ripercussioni sui costi di gestione.

## 2. Relazione

### 2.1 Analisi del problema

La quantità degli scarti dipende principalmente dalle modalità del sistema di raccolta cittadino e dalla sensibilità della popolazione servita. Numerosi studi hanno infatti dimostrato l'importanza dei sistemi di raccolta da cui emerge chiaramente che sistemi di raccolta domiciliari (porta a porta), meglio se monitorati, assicurano FORSU contenenti percentuali di scarti drasticamente inferiori rispetto a quelle risultanti dai sistemi di raccolta a cassonetto [1] [Fig. 2]. Purtroppo le plastiche tradizionali costituiscono un rifiuto non biodegradabile che nel tempo ha generato non poche difficoltà al settore del recupero del rifiuto organico che possiamo elencare:

- minor purezza merceologica della frazione organica raccolta;
- maggiori costi di trattamento per estrarre il materiale plastico dalla frazione organica (in testa o in coda al processo) e per la conduzione dei processi;
- aggravio economico per il maggiore costo di trattamento connesso con i costi di smaltimento (discarica) degli scarti che residuano dalle operazioni di recupero;

La figura seguente rappresenta l'incidenza dei costi di gestione di un impianto di digestione anaerobica a FORSU.

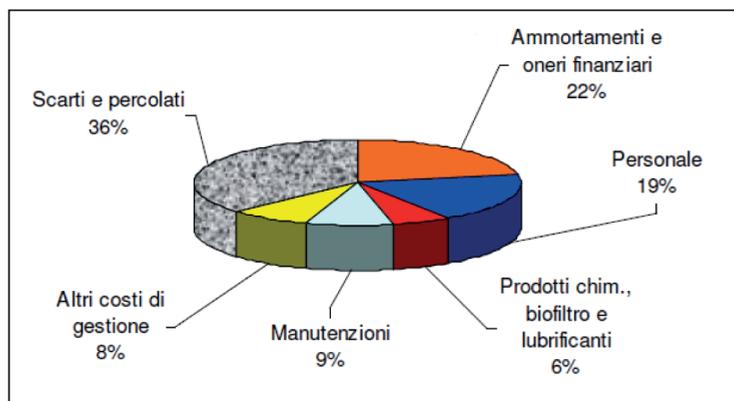


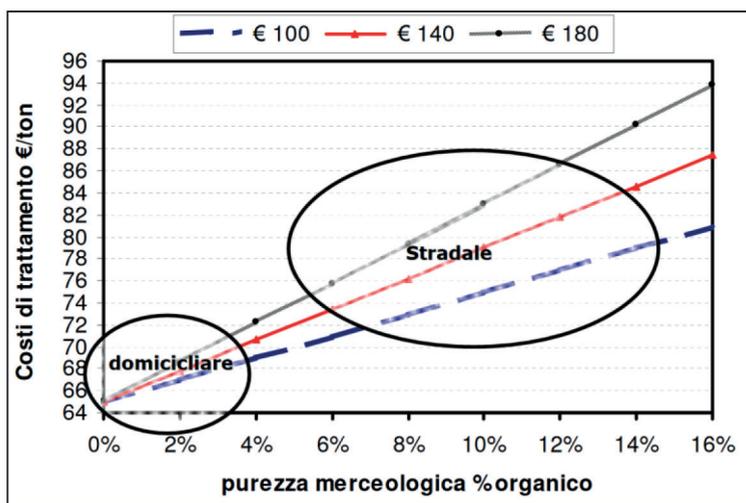
Fig. 1 – Ripartizione percentuale costi di gestione [1]

Si è stimato [2] che ad ogni punto percentuale di impurità (Materiale Non Compostabile-MNC) presente nella frazione organica corrisponda, a livello impiantistico, un coefficiente (per effetto di trascinamento) variabile da 1 a 3; ciò significa che, ad ogni kg di impurità sullo scarto iniziale, corrispondono 1-3 kg di rifiuto da smaltire. È chiaro, pertanto, che la plastica conferita con l'organico nella raccolta differenziata, deve essere smaltita con enorme aggravio economico compromettendo altresì qualsiasi sua possibilità di riciclo. Si aggiunga a tutto ciò che materiali plastici compromettono il raggiungimento dei parametri di qualità degli ammendanti compostati così come sono definiti dal D. Lgs. n. 75/2010 e smi. Diversa è la situazione in cui la plastica possiede il requisito innovativo di compostabilità: in questi casi gli imballaggi possono essere biodegradati riducendo al minimo gli impatti sui processi. L'utilizzo dei sacchetti compostabili per la raccolta differenziata della frazione organica riduce quindi lo scarto, gli oneri di trattamento e migliora la qualità del prodotto finale.

Da una indagine effettuata dal CIC [2] tra gli impianti di compostaggio italiani è risultato che il costo di separazione/smaltimento degli scarti non compostabili è variabile da 2 fino a 3 € per punto percentuale di MNC presente nell'organico.

Situazione ancora più complessa risulta quella relativa agli impianti che adottano la digestione anaerobica. In tali impianti, infatti, la qualità dell'organico è fondamentale sia ai fini del processo anaerobico sia per quello successivo di compostaggio e risulta determinante per la sostenibilità economica dell'intero processo. I digestori devono essere alimentati con una biomassa pompabile (almeno gli impianti con digestore ad umido) la cui costanza, omogeneità e assenza di corpi estranei deve essere assoluta, pena l'inefficienza e la diseconomia di tutto il sistema. Per questi ed altri motivi, molti impianti già praticano una tariffazione differenziata in funzione della qualità della raccolta conferita.

Nel grafico seguente, a titolo indicativo, si riporta l'influenza che la presenza di scarti nella FORSU esercita sui costi di trattamento della stessa, come stimati da ETRA S.p.A. per i propri impianti di digestione anaerobica.



**Fig. 2** – Dipendenza teorica dei costi di trattamento della FORSU dalla percentuale e dai costi di smaltimento degli scarti [1]

## 2.2 CSS – Combustibili Solidi Secondari

L'elevata presenza di plastiche non riciclabili suggerisce, per gli scarti in oggetto, un utilizzo alternativo alla discarica, via incenerimento o co-incenerimento. Tale alternativa è da preferire conformemente alle disposizioni europee e nazionali (art. 179, lett. a) D.Lgs 152/06 e smi) tant'è che il legislatore ha altresì introdotto a livello nazionale il concetto di CSS – Combustibile Solido Secondario. Per CSS, come definito dall'art.183, lett. cc) del D.Lgs 152/2006 e smi, si intende il combustibile solido prodotto da rifiuti che rispetta le caratteristiche di classificazione e di specificazione individuate delle norme tecniche UNI CEN 15359 e smi; fatta salva l'applicazione dell'articolo 184-ter (cessazione della qualifica di rifiuto), il combustibile solido secondario è classificato come rifiuto speciale.

A differenza di quanto attuato per i CDR, il sistema di classificazione dei CSS (come disposto dalle norme tecniche) è basato solo su tre parametri per l'importanza (ambientale, economica e tecnologica) che essi assumono nei processi termici di incenerimento e co-incenerimento:

- Mercurio (Hg), importanza ambientale;
- Cloro totale (Cl), importanza tecnologica ed impiantistica;
- Potere Calorifico Inferiore (PCI), conferisce valore economico e prestazionale al rifiuto.

Ogni parametro è suddiviso in 5 classi, dalla classe 1 (qualità massima) alla classe 5 (meno pregiata). Al CSS viene quindi assegnato per ogni parametro il relativo valore; la loro combi-

nazione determinerà il cosiddetto codice di classe secondo le regole riportate nelle succitate norme.

**Prospetto 2** Classificazione per i CSS (da CEN/TS 15359)

| Caratteristiche di classificazione |                   |                 |                          |        |        |        |        |
|------------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Caratteristica                     | Misura statistica | Unità di misura | Valori limite per classe |        |        |        |        |
|                                    |                   |                 | 1                        | 2      | 3      | 4      | 5      |
| PCI                                | Media             | MJ/kg t.q.      | ≥ 25                     | ≥ 20   | ≥ 15   | ≥ 10   | ≥ 3    |
| Cl                                 | Media             | % s.s.          | ≤ 0,2                    | ≤ 0,6  | ≤ 1,0  | ≤ 1,5  | ≤ 3    |
| Hg                                 | Mediana           | mg/MJ t.q.      | ≤ 0,02                   | ≤ 0,03 | ≤ 0,08 | ≤ 0,15 | ≤ 0,50 |
|                                    | 80° percentile    | mg/MJ t.q.      | ≤ 0,04                   | ≤ 0,06 | ≤ 0,16 | ≤ 0,30 | ≤ 1,00 |

Nella pratica ogni CSS è classificato da una tema di numeri (es. PCI: 2, Cl: 3, Hg: 2 – in breve 2.3.2) corrispondenti alle classi in cui cadono:

- la media del valore del PCI espresso come MJ/kg t.q.;
- la media del valore del contenuto di cloro espresso come % s.s.;
- il più restrittivo tra la mediana e l'80° percentile del valore del contenuto di mercurio, espresso come mg/MJ t.q..

**Tab. 1** – Classificazione dei Combustibili Solidi secondari (CSS)

### 2.3 Determinazioni analitiche

Tenuto conto della preponderanza di materiali plastici, come detto al § 1, sono state condotte opportune analisi di caratterizzazione, al fine di valutarne la possibilità di valorizzazione energetica. Le analisi sono state condotte presso il Laboratorio Tecnologie ed Impianti di Trattamento Rifiuti e Reflui dell'Unità Tecnica Tecnologie Trisaia (UTTRI-RIF) dell'ENEA, su materiale campionato presso un impianto di DA a FORSU operante in Piemonte. Gli scarti, originati dalle attività di selezione/preparazione della miscela da inviare ai digestori, erano costituiti principalmente da plastica e in quantità inferiore da tessuti, carta, legno e inerti (metalli e vetro), in parte stabilizzati e risultanti da processo di vagliatura su di essi attuato. Al fine di acquisire le preliminari informazioni utili per la sua valorizzazione a fini energetici, i rifiuti oggetto d'indagine sono stati sottoposti a caratterizzazione ai sensi delle disposizioni di cui alla norma UNI EN 15359 e per i parametri non normati si è fatto riferimento alle procedure di routine già utilizzate nei laboratori ENEA per materiali simili.



**Fig. 3** – Campione del rifiuto analizzato – Tal quale

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle caratterizzazioni attuate.

| Parametro                   | Unità di misura | Valore |
|-----------------------------|-----------------|--------|
| Volatili                    | % secco         | 78,6   |
| Carbonio Fisso              | % secco         | 5,9    |
| Ceneri                      | % secco         | 15,5%  |
| Umidità                     | % tal quale     | 7,6    |
| Potere calorifico inferiore | MJ/kg tal quale | 26,4   |
| Potere calorifico inferiore | MJ/kg secco     | 26,6   |

**Tab. 2 – Parametri fisici**

| Parametro    | Unità di misura | Valore |
|--------------|-----------------|--------|
| Carbonio (C) | % secco         | 58,6   |
| Azoto (N)    | % secco         | 0,93   |
| Idrogeno (H) | % secco         | 1,73   |

**Tab. 3 – Analisi elementare (CHN)**

| Parametro                 | Unità di misura              | Valore |
|---------------------------|------------------------------|--------|
| Cloro (Cl)                | % secco                      | 0,01   |
| Mercurio (Hg)             | mg/MJ tal quale<br>(mediana) | 0,006  |
| Zolfo (S)-SO <sub>4</sub> | % secco                      | <0,001 |
| Bromo (Br)                | % secco                      | <0,001 |
| Fluoro (F)                | % secco                      | <0,001 |

**Tab. 4 – Altri parametri chimici**

| Parametro      | Unità di misura | Valore |
|----------------|-----------------|--------|
| Bario (Ba)     | mg/kg secco     | 589    |
| Berillio (Be)  | mg/kg secco     | < 5,5  |
| Cadmio (Cd)    | mg/kg secco     | < 10,8 |
| Cobalto (Co)   | mg/kg secco     | 36,7   |
| Rame (Cu)      | mg/kg secco     | 1004   |
| Manganese (Mn) | mg/kg secco     | 879    |
| Molibdeno (Mo) | mg/kg secco     | 6,9    |
| Nichel (Ni)    | mg/kg secco     | 175    |
| Piombo (Pb)    | mg/kg secco     | 385    |
| Selenio (Se)   | mg/kg secco     | <30    |
| Tallio (Tl)    | mg/kg secco     | <30    |
| Vanadio (V)    | mg/kg secco     | 24,2   |
| Zinco (Zn)     | mg/kg secco     | 2095   |
| Arsenico (As)  | mg/kg secco     | n.d.   |
| Antimonio (Sb) | mg/kg secco     | n.d.   |
| Cromo (Cr)     | mg/kg secco     | n.d.   |

**Tab. 5 – Metalli pesanti**

I rifiuti oggetto di indagine - stante i risultati delle determinazioni effettuate e sulla base dei valori del potere calorifico inferiore (26,4 MJ/kg tq), del cloro (0.01 % secco) e del mercurio (0.006 mg/MJ tq) - sono classificabili, tenuto conto delle indicazioni della norma UNI EN 15359/11 “Combustibili Solidi Secondari – Classificazione e specifiche”, con il codice di classe PCI 1 - Cl 1 - Hg 1. Per alcuni metalli (Cd, Tl, Mn) i valori di concentrazione riscontrati risultano tuttavia superiori a quelli limite di cui al Prospetto 3 della Raccomandazione 8 – “Combustibili Solidi Secondari (CSS) – Classificazione e specifiche dei CSS ottenuti dal trattamento meccanico dei rifiuti non pericolosi” del CTI. Il confronto invece con i più restrittivi limiti di specificazione di cui alla Tab. 2 – Caratteristiche di specificazione del CSS-combustibile dell'allegato 1 al DM 22 del 14/02/2013 evidenzia il superamento dei limiti di concentrazione anche per i parametri Co, Cu, Ni, Pb e V, oltre a Cd, Tl e Mn. Il confronto con i dati dichiarati da alcuni impianti di produzione CSS [3][4], evidenzia, invece, per i rifiuti oggetto d'indagine, un certo disallineamento in particolare per i parametri PCI e Cl. È verosimile ritenere che tali differenze siano da attribuire alla composizione del rifiuto oggetto d'indagine ed alla forte disomogeneità del campione. Si fa inoltre presente che i dati ottenuti sono i risultati di campionamenti preliminari e che le determinazioni si riferiscono a campioni estratti da una massa in deposito temporaneo e relativi ad un singolo lotto di produzione. Ulteriori indagini, su periodi di produzione più lunghi e con campionamenti da attuare nel rispetto delle UNI EN 15442 e 15443, sono in corso di programmazione.

### 3. Conclusioni

La gestione degli scarti provenienti dal trattamento della FORSU costituisce un problema comune a tutti gli impianti di DA e compostaggio. Plastiche, tessili ed inerti (metalli e vetro) rappresentano, infatti, circa il 10-15% della massa conferita e la loro rimozione è necessaria sia per motivi economici e sia per finalità di processo.

Al fine di valutare soluzioni alternative allo smaltimento in discarica degli scarti combustibili, che allo stato attuale costituisce il principale destino di tali materiali, sono state effettuate delle analisi utili alla loro qualificazione come CSS. I risultati ottenuti, anche se riferiti ad una indagine preliminare, hanno evidenziato caratteristiche tali da favorire la valorizzazione energetica alla discarica. Tuttavia tale pratica di gestione, almeno nel caso di studio, appare limitata da considerazioni logistiche e di disponibilità di impianti di valorizzazione energetica oltre che di riduzione effettiva dei costi.

Per quanto indicato appare evidente che per la limitazione dei costi di esercizio è necessario ridurre al minimo il contenuto di materiali non biodegradabili. Pertanto, il vero punto di svolta per la riduzione dei problemi economici e gestionali legati alla quantità/qualità degli scarti parte dalla sensibilità dei cittadini e da sistemi di raccolta puntuali.

### Ringraziamenti

Si ringrazia la collega M. Martino per il supporto fornito nelle attività di preparazione e caratterizzazione dei campioni.

### Bibliografia

- [1] W. Giacetti et al. Atti convegno giornata monotematica – Cavenago Brianza 2007;
- [2] M Centemero et al, “Compendio tecnico 2012” – Consorzio Italiano Compostatori
- [3] S. Baroni, G. Giordano – HERA Ambiente S.p.A., Atti convegno “Settimana europea per la riduzione dei rifiuti” – Roma - Novembre 2014
- [4] G. Fison, P. Muraro – AMA S.p.A., Atti convegno “La produzione del CSS: prime esperienze applicative e criticità” – Padova - Ottobre 2013

# Upgrading e recupero energetico diretto del biogas: due alternative a confronto

*Raffaella Martini [raffaella.martini@cittametropolitana.torino.it](mailto:raffaella.martini@cittametropolitana.torino.it), Alessandro Bertello, Alberto Cucatto, Silvia Cuffini, Area Ambiente – Città Metropolitana di Torino*

## Riassunto

*La produzione di biometano tramite upgrading del biogas è un settore in espansione. Il processo è potenzialmente in grado di trasformare uno scarto in una risorsa. Ad oggi il biogas da digestione anaerobica di rifiuti organici o da discarica è già utilizzato come combustibile per la produzione di energia, sia elettrica sia termica.*

*Attraverso l'upgrading del biogas, è possibile ottenere un bio-combustibile che può essere immesso nella rete di distribuzione del gas naturale o essere impiegato per autotrazione. Ma qual è il vantaggio ambientale di tale tecnologia rispetto alla combustione diretta del biogas? Questo lavoro si propone di valutare le prestazioni ambientali di un impianto di upgrading del biogas simile a quelli autorizzati sul territorio della Città Metropolitana di Torino e di confrontarle con quelle della combustione diretta di biogas, in termini di CO<sub>2</sub> equivalente.*

## Summary

*The upgrading of biogas by anaerobic digestion of the OFMW is an emerging technique. This process is potentially able to turn waste into a resource. Nowadays biogas, both coming from landfills and from anaerobic digestion, is commonly used for energy production. By the upgrading of biogas is possible to obtain a bio-fuel which can be inserted into the natural gas distribution network or can be used as automotive fuel. What is the environmental advantage in upgrading biogas? The aim of this work is to compare the environmental performance of an upgrading plant to the direct combustion of biogas, expressing the results in terms of equivalent carbon dioxide. The assessment is based on the technical features of an upgrading plant similar to one licensed and constructed in Metropolitan City of Turin.*

## 1. Introduzione

Nel territorio della Città Metropolitana di Torino sono stati autorizzati due impianti per la produzione di biometano tramite upgrading del biogas da digestione anaerobica di FORSU, di cui uno già in esercizio. Nel corso dell'istruttoria tecnico-amministrativa, che ha portato al rilascio dei rispettivi atti autorizzativi, è maturata l'esigenza di regolamentare l'emissione in atmosfera del flusso di gas di scarto derivante dal processo (off-gas), individuando dei valori limite per gli inquinanti significativi in esso contenuti. Per il metano, in particolare, il valore limite è stato definito tenendo conto dell'efficienza del tipo di tecnologia di upgrading utilizzata e prendendo a riferimento le quantità di metano incombusto emesso da un motore alimentato a biogas. Le prestazioni ambientali del processo di upgrading e della combustione diretta del biogas sono state espresse in termini di anidride carbonica equivalente e messe a confronto. Il confronto ha consentito di individuare i fattori che influenzano le performance ambientali del processo di upgrading e di formulare alcune ipotesi sulle soluzioni tecnologi-

che che possono essere adottate per rendere la produzione di biometano un'alternativa ambientalmente vantaggiosa rispetto all'utilizzo diretto del biogas. Nel presente lavoro si riassumono i risultati degli approfondimenti effettuati, considerando un impianto di riferimento, i cui dati tecnici sono ricavati dalle realtà già realizzate ed in fase di realizzazione sul territorio della Città Metropolitana di Torino.

## 2. Relazione

Il processo di upgrading del biogas consiste nell'eliminazione dell'anidride carbonica in esso contenuta, mediante varie alternative impiantistiche. Quelle più comunemente usate, generano un flusso di biometano ed un flusso di off-gas, ricco in biossido di carbonio e contenente una quota di metano residuo, che varia in funzione della resa del processo utilizzato. Impianti che impiegano tecnologie diverse e.g Pressure Water Scrubbing (PWS), Pressure Swing Adsorption (PSA), processo a membrane, restituiscono flussi emissivi di off-gas sensibilmente differenti, sia in termini di portata volumetrica che di concentrazione di metano residuo. La concentrazione di metano residuo contenuta nell'off-gas e, di conseguenza, la sua percentuale in volume, varia in funzione dell'alternativa impiantistica utilizzata ed in particolare è condizionata dal quantitativo di aria di stripping impiegata nel processo.

Per valutare e confrontare l'efficienza di purificazione del processo di upgrading è, pertanto, indispensabile calcolare il flusso di massa di metano residuo (esprimendolo come massa di  $\text{CH}_4$  per unità di tempo), e metterlo in relazione con la quantità di biogas in ingresso.

L'impianto di upgrading utilizzato come riferimento è un impianto PWS, che tratta il biogas proveniente da digestione anaerobica di FORSU ed altre biomasse, avente le caratteristiche riportate in Fig.1. Si è assunto, inoltre, che il biogas sottoposto ad upgrading abbia un tenore di metano pari al 60% e che l'efficienza del processo di upgrading sia pari a circa il 98%.

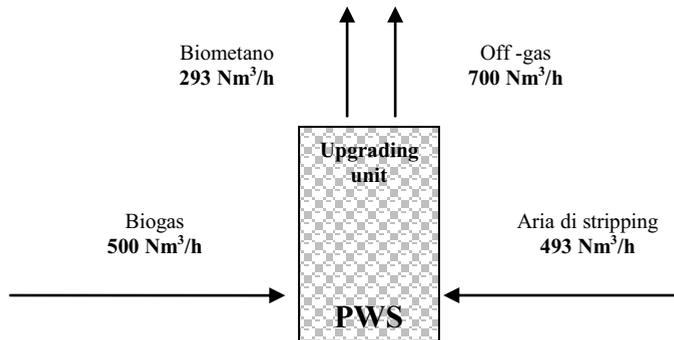


Fig. 1 – Caratteristiche dell'impianto di upgrading di riferimento

### 2.1 Valutazione del tenore di metano residuo nell'off-gas e nei fumi di combustione.

Per la valutazione del metano emesso nell'off-gas, si è assunta una percentuale in volume di metano residuo pari all'1%, su di una portata di off-gas emesso di 700 Nm<sup>3</sup>/h. Il flusso di massa di metano liberato in atmosfera con l'off-gas è, quindi, pari a circa 4,9 kg/h, che corrispondono al 2,3% del metano in ingresso. Per valutare la significatività di tale flusso si è deciso di confrontarlo con la quantità di metano emessa dalla combustione diretta del biogas, in un motore per cogenerazione.

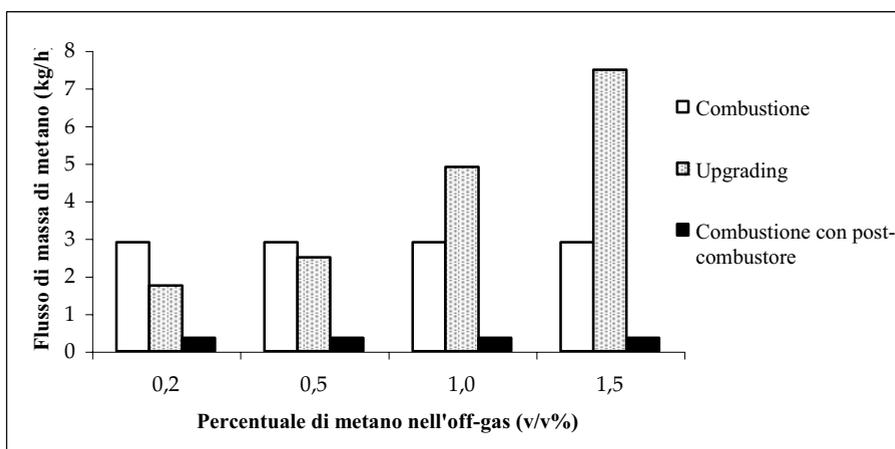
Dalla combustione del biogas in un motore per cogenerazione si producono dei gas di scarico con una concentrazione di metano variabile fra i 500 e i 2000 mg/Nm<sup>3</sup> [2] [1]. In questo studio, per il calcolo del metano incombusto emesso dai cogeneratori, si è deciso di utilizzare

il valore di 800 mg/Nm<sup>3</sup>. Tale valore corrisponde mediamente a quanto misurato durante le campagne di controllo su impianti analoghi presenti nel territorio della Città metropolitana di Torino ed è coerente con quanto reperibile in letteratura. Pertanto il flusso di massa di metano incombusto equivale a circa 2,9 kg/h che corrispondono allo 1,3% del metano in ingresso. La Tab. 1 riporta i valori del flusso di massa orario di metano emesso nei fumi di combustione derivanti dal motore, per una portata di biogas pari a quella dell'impianto di riferimento. Si prende in considerazione anche il caso in cui sia presente un post-combustore, dispositivo frequentemente utilizzato per garantire il rispetto del valore limite imposto dalla normativa vigente per la concentrazione di Composti Organici nei fumi. Per il post-combustore è stato stimato, cautelativamente, un consumo di biogas pari al 2%, valore coerente con l'esperienza operativa degli impianti ubicati nel territorio Metropolitano.

|  |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|
| CH <sub>4</sub> emesso dalla combustione (kg/h) senza post -combustore | 2,90 |      |      |      |
| CH <sub>4</sub> emesso dalla combustione (kg/h) con post -combustore   | 0,36 |      |      |      |
| CH <sub>4</sub> emesso dall'upgrading (kg/h)                           | 1,75 | 2,50 | 4,90 | 7,49 |
| Percentuale di metano nell'off-gas                                     | 0.2% | 0,5% | 1%   | 1,5% |

**Tab. 1** – Flusso di massa di metano emesso nel processo di upgrading e di combustione.

Dal confronto tra il flusso di metano residuo nel processo di upgrading e quello emesso durante la combustione diretta dello stesso quantitativo di biogas, emerge che, per un tenore di metano residuo come quello ipotizzato nell'off-gas proveniente dall'impianto di riferimento, le perdite di metano del processo di upgrading sono maggiori rispetto a quelle di un processo di combustione. Appare evidente che il fattore che condiziona le prestazioni ambientali del processo di upgrading è il tenore di metano residuo presente nell'off-gas. Nel caso dell'impianto di riferimento, si osserva che, per percentuali in volume di metano nell'off-gas superiori allo 0,5%, il processo di combustione ha perdite di metano inferiori rispetto all'upgrading. Il flusso di massa di metano emesso con i fumi si riduce in maniera rilevante utilizzando un post-combustore, come riassunto nel grafico di Fig. 2.



**Fig. 2** – Confronto tra le quantità di metano emesse dall'upgrading e dalla combustione diretta del biogas.

Volendo paragonare in valore assoluto il metano emesso in atmosfera dall'upgrading del biogas con quello emesso da altre attività antropiche che ne sono fonte, come ad esempio l'allevamento di bestiame, dall'impianto di riferimento viene emessa giornalmente una quantità di metano pari a quella generata da circa 650 bovini adulti. Tale valore è stato ricavato sulla base di un dato di letteratura di produzione di metano per capo di bovino adulto pari a circa 0,178 kg/giorno [3]. Un altro termine di paragone è il tenore di metano emesso in atmosfera da un impianto di depurazione di acque reflue urbane da 1 milione di abitanti equivalenti, stimabile in circa 350 kg/giorno. Ne consegue che l'impianto di riferimento emette giornalmente quanto un impianto di depurazione di acque reflue urbane a servizio di circa 330.000 abitanti equivalenti.

## 2.2 Anidride carbonica equivalente

I valori di metano emesso in atmosfera con l'off-gas e quelli emessi dalla combustione diretta del biogas sono stati trasformati in anidride carbonica equivalente. Si è deciso di considerare un orizzonte temporale di vent'anni in quanto correlabile alla vita media di un impianto di produzione di biogas da FORSU, con annessa sezione di upgrading. Su base ventennale il GWP (Global Warming Potential) del metano è pari a 25, rispetto a quello dell'anidride carbonica che è assunto convenzionalmente pari a 1. In Tab. 2 è riportato il contributo dell'off-gas in termini di CO<sub>2</sub>eq, in funzione del diverso tenore di metano in esso presente.

|   |       |      |      |
|---|-------|------|------|
| Tenore di metano nell'off gas (v/v%)                | 1%    | 0,5% | 0,2% |
| Totale CO <sub>2</sub> equivalente upgrading (kg/h) | 125,0 | 62,5 | 25,0 |

**Tab. 2** – CO<sub>2</sub>eq emessa dall'upgrading del biogas in funzione della percentuale di metano residua.

La Tab. 3 descrive, invece, il contributo delle emissioni in atmosfera derivanti dal processo di combustione, in termini di CO<sub>2</sub>eq, in presenza ed in assenza di un post-combustore per il trattamento dei fumi.

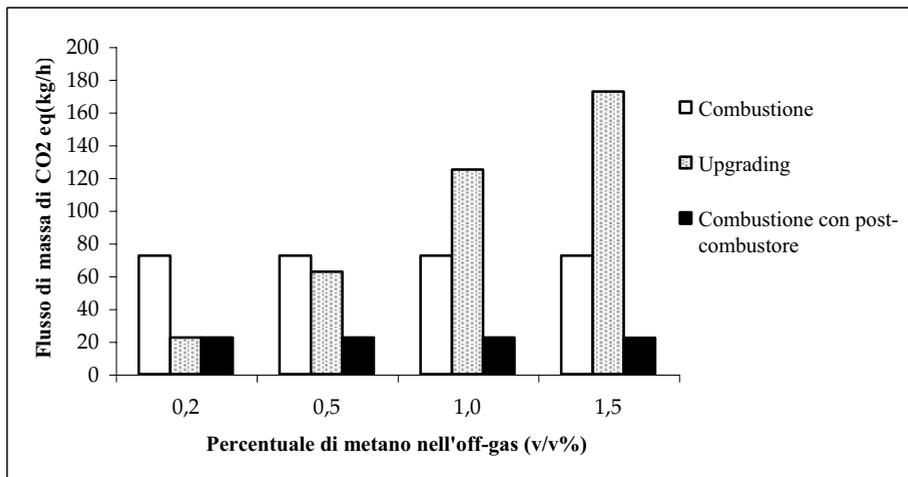
|  | Senza post combustore | Con post combustore |
|--|-----------------------|---------------------|
| CO <sub>2</sub> equivalente al CH <sub>4</sub> emesso dalla combustione (kg/h) | 72,3                  | 9,0                 |
| CO <sub>2</sub> da postcombustione (kg/h)                                      | 0                     | 13,4                |
| Totale CO <sub>2</sub> equivalente combustione (kg/h)                          | 72,3                  | 22,4                |

**Tab. 3** – CO<sub>2</sub>eq emessa dalla combustione del biogas.

Come si può osservare dai dati riportati in Tab. 1 e Tab. 3, la presenza di un post-combustore riduce il tenore di metano nei fumi ma determina un contributo in termini di CO<sub>2</sub>eq, correlato al consumo di biogas per alimentarlo e, quindi, alla conseguente perdita di energia elettrica dovuta al mancato utilizzo di tale quota di biogas a scopi energetici.

Il grafico di Fig. 3 confronta il flusso di massa di CO<sub>2</sub>eq nei due processi considerati, cioè la combustione del biogas e l'upgrading a biometano. Dal grafico emerge che, in termini di anidride carbonica equivalente, il processo di upgrading è vantaggioso rispetto alla combustione diretta del biogas solo se si raggiunge un tenore di metano nell'off-gas inferiore allo 0,5% in volume. Nel caso di utilizzo di un post-combustore per il trattamento dei fumi di combustione, invece, il processo di upgrading diventa vantaggioso per concentrazioni di

metano nell'off-gas inferiori allo 0,2%, percentuale corrispondente al valore in cui si verifica l'equivalenza delle emissioni di CO<sub>2</sub>eq.



**Fig. 3** – Confronto tra la CO<sub>2</sub>eq emessa dalla combustione e dall'upgrading del biogas.

### 2.3 Riduzione delle emissioni di anidride carbonica equivalente.

Dai dati sopra riportati appare evidente l'importanza di rendere i processi di upgrading il più efficienti possibile in modo da ridurre già alla fonte le perdite di metano contenute nell'off-gas: ciò ha una valenza sia economica, in quanto consente di recuperare al massimo il combustibile prodotto, sia ambientale in quanto riduce le emissioni di gas serra. Tuttavia, sulla base dei dati di letteratura e dell'esperienza maturata sul territorio Metropolitano, un tenore di metano residuo nell'off-gas così basso potrebbe non essere tecnicamente raggiungibile. In questo caso va valutata un'alternativa tecnologica che consenta di ridurre il più possibile l'emissione di metano in atmosfera.

Una possibile alternativa è l'utilizzo dell'off-gas come aria comburente in un processo di combustione. In tal caso si determinerebbe una sensibile riduzione del flusso di massa di CO<sub>2</sub>eq emessa con l'upgrading. Stimando, infatti, una rimozione pressoché totale del metano residuo contenuto nell'off-gas, l'unico contributo al flusso di CO<sub>2</sub>eq è quello derivante dalla post-combustione, indipendentemente dalla quantità di metano residuo contenuto nell'off-gas.

Nell'ipotesi di utilizzo dell'off-gas come aria comburente, il contributo alla CO<sub>2</sub>eq del processo di upgrading diventa sostanzialmente trascurabile e tale processo è ambientalmente più vantaggioso rispetto alla combustione diretta del biogas.

## 3. Conclusioni

Per l'impianto di riferimento, il confronto tra le emissioni di anidride carbonica equivalente provenienti dal processo di upgrading e quelle provenienti dalla combustione diretta del biogas evidenzia che il fattore che condiziona le prestazioni ambientali del processo di produzione di biometano è l'efficienza del processo di arricchimento e, di conseguenza, il tenore di metano residuo emesso nell'off-gas. La massimizzazione dell'efficienza dei processi di upgrading è, quindi, di prioritaria importanza, non solo dal punto di vista economico ma anche dal punto di vista ambientale [4]. Nel caso in cui l'efficientamento del processo non fosse tecnicamente praticabile, un'alternativa possibile è l'utilizzo dell'off-gas come aria comburente in un processo di combustione, particolarmente nel caso in cui l'impianto di digestione anaero-

bica sia già dotato di una sezione interna di produzione di energia mediante combustione. In tal modo, il contributo in termini di anidride carbonica equivalente, dovuto all'off-gas viene pressoché annullato, indipendentemente dalla percentuale di metano residuo.

### **Bibliografia**

[1] **S. Woess-Gallasch** et al. 2007

[2] **H. Reichhalter, A. Bozzo, S. Dal Savio, T. Guerra** 2011 – Studio di TIS Innovation park, Area Energia & Ambiente commissionato dalla Ripartizione agricoltura, Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige – 2011 pag. 67/106S.

[3] [www.rinnovabili.it](http://www.rinnovabili.it)

[4] **M.Ravina, G.Genon**, “Global and local emissions of a biogas plant considering the production of biomethane as an alternative end-solution” *Journal of cleaner production* 102(2015)115-116;



# GLOBAL WATER EXPO

## APPLICAZIONE DI TECNOLOGIE APPROPRIATE SU ACQUE E RIFIUTI IN PROGETTI DI COOPERAZIONE INTERNAZIONALE

La gestione delle acque e dei rifiuti è un tema di estrema importanza per lo sviluppo umano, per la qualità dell'ambiente e la salute, come testimoniato anche dagli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile stilati nel 2015. A livello internazionale numerose agenzie (WB, WHO, ADB, ecc.) ed enti di cooperazione (associazioni di volontariato, ONG, ecc.), destinano ingenti risorse umane e finanziarie per supportare programmi nei paesi a risorse limitate, con l'obiettivo di definire soluzioni appropriate per gestire adeguatamente le problematiche legate alle acque e ai rifiuti. Inoltre, nell'ultimo decennio numerose Università si sono impegnate in attività di ricerca volte a individuare soluzioni applicabili e sostenibili basate sull'impiego di tecnologie appropriate (sostenibili dal punto di vista tecnico, sociale, economico ed ambientale). La sessione presenta una vasta panoramica sulle opportune tecnologie applicate alla gestione dei rifiuti e delle acque nei progetti di cooperazione internazionale.

A cura di: **CeTAmb LAB (UNIBS) e UNESCO**

**Presidenti di sessione:**

- Carlo Collivignarelli, *CeTAmb LAB - Università degli Studi di Brescia*
- Lucio Ubertini, *IHP-UNESCO Italian Committee*



# Un progetto dei frati di Massaua per diffondere in Eritrea un dissalatore per comunità povere, isolate e prive di energia elettrica

*Padre Protasio Delfini*<sup>1</sup>, *Ivan Biasi*<sup>2</sup>, *Marcello Marchi*<sup>2</sup>, *Mauro Cavani*<sup>2</sup>, *Michele Ido*<sup>3</sup>, *Pietro Marri*<sup>2</sup>, *Stefania Cimino*<sup>3</sup>, *Valentina Biasi*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Frati di Massaua (Eritrea), [prode\\_40@yahoo.it](mailto:prode_40@yahoo.it)*; <sup>2</sup> *Associazione Onlus "Lucca Massaua un lungo ponte"*; <sup>3</sup> *Collaboratori dei frati*

## Riassunto

*I frati, che vivono a Massaua, hanno acquistato e sperimentato due modelli di dissalatori solari con l'obiettivo di diffondere questa tecnologia nelle aree costiere e nelle isole eritree insieme a studenti e professori di una scuola eritrea e italiana. Il governo eritreo è stato informato. L'apparecchiatura ha funzionato bene, è semplice da costruire e da gestire, può essere auto costruita in Eritrea. È soprattutto molto utile se integrata con sistemi di raccolta e di conservazione dell'acqua piovana. La quantità media giornaliera di acqua potabile, stimata dalla radiazione solare giornaliera e anche misurata a Massaua, è almeno 4 l/m<sup>2</sup>, solo in gennaio è inferiore, circa 3 l/m<sup>2</sup>. L'acqua prodotta è stata dichiarata potabile da analisi effettuate dal Ministero Eritreo delle Risorse Idriche.*

## Summary

*The friars, who live in Massawa, purchased and tested two models of solar still with the aim to diffuse these devices in the Eritrean coastal areas and islands involving students and teachers of an Eritrean and Italian school. The Eritrean Government was also involved. The equipments worked correctly, are simple to build and to operate, and can be self built in Eritrea. These are very useful in particular when integrated with devices to collect and storage the rainwater for potable use. The mean daily production of potable water, evaluated by the mean daily solar radiation and also monitored in Massawa, is at least 4 l/m<sup>2</sup>, but in January it is lowe, about 3 l/m<sup>2</sup>. The obtained water was declared drinkable by the Eritrean Ministry of Water Resources.*

## 1. Introduzione

I frati di Massaua sono consci che, per favorire un prospero avvenire di un paese povero, bisogna: (a) usare semplici apparecchiature e non complicati e macchinosi sistemi, (b) impiegare sapientemente le attitudini di un popolo (lavoro) e (c) valorizzare la ricchezza del territorio (natura) con le conoscenze e le risorse dei paesi avanzati. A Massaua un acquedotto pubblico è l'unica fonte di acqua potabile perché quella del sottosuolo calcareo è salata. Quindi apparecchiature semplici per dissalare l'acqua del mare, a scopi potabili e di irrigazione di orti, sono utili alla comunità locale, ma anche alle popolazioni della costa eritrea. Le isole eritree dell'arcipelago Dahlak sono prive di sorgenti di acqua potabile. Gli abitanti sopravvivono utilizzando la pioggia

raccolta su un'ampia superficie e incanalata in cisterne interrato. La piovosità annuale però è bassa, circa 180 mm, e da aprile a settembre è molto limitata, circa 30 mm. Dissalare l'acqua del mare con "un'apparecchiatura semplice" porterà benefici indubbi anche a queste comunità, soprattutto durante le frequenti emergenze idriche da maggio a ottobre. Per questo i frati hanno voluto divulgare un dissalatore molto semplice. Per "impiegare sapientemente" competenze locali hanno coinvolto collaboratori eritrei ed italiani, insieme a studenti della Saint Francis di Massaua, una scuola secondaria, fondata e gestita dagli stessi frati e frequentata da circa 1000 alunni. Altri collaboratori sono stati gli insegnanti e gli alunni dell'Istituto E.Ferrari di Borgo a Mozzano (LU). Il progetto quindi ha favorito un arricchimento reciproco di conoscenze, ed è diventato anche un'iniziativa interculturale ed educativa sul diritto all'acqua.

## 2. Descrizione del dissalatore solare a singola camera

Le apparecchiature per dissalare l'acqua del mare sono molte, ma alcune sono costose, di difficile gestione e necessitano di energia elettrica. Non solo l'acqua del mare non è potabile, spesso neppure quella di laghi, lagune, fiumi o acquiferi per la presenza di inquinanti, sali, metalli, batteri o virus. Il dissalatore solare a singola camera (fig.1) può rendere potabili queste acque in modo semplice. Il sole riscalda l'acqua contenuta in un recipiente chiuso, e il vapore prodotto condensa sul lato interno della superficie, trasparente ai raggi solari. Richiama il processo naturale di formazione della pioggia: il vapore acqueo, generato dal riscaldamento solare, condensa negli strati d'aria freddi, e si trasforma in nubi e pioggia. Nel dissalatore il condensato, sotto forma di gocce, scivola sul vetro inclinato e si accumula in un contenitore che si riempie progressivamente di acqua potabile priva di impurità (sali, metalli pesanti, ecc.). Eventuali organismi patogeni, presenti nell'acqua, sono inattivati dalla radiazione solare e dal riscaldamento dell'acqua. Questa apparecchiatura è *semplice da costruire*, da gestire ed è modulare.

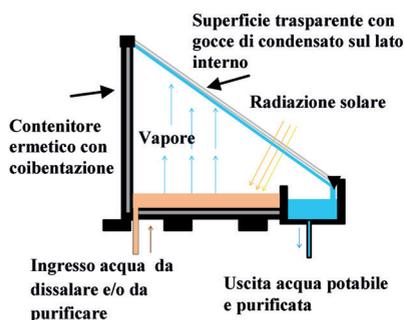


Fig.1 – Schema di un dissalatore solare a singola camera, e il primo impianto realizzato in Cile nel 1872.

Questa soluzione fu usata dagli arabi nel XVI secolo e da scienziati: Della Porta (1589), Lavoisier (1862) e Mauchot (1869). Produceva l'acqua potabile durante le prime navigazioni atlantiche. È stata ampiamente studiata [1],[2],[3],[4]. Il primo impianto, a grande scala, fu realizzato nel 1872 da un ingegnere svedese, Charles Wilson (fig.1). Questo impianto operò nelle miniere di salnitro e d'argento "Las Salinas" in Cile per dissalare le acque di falda con elevate concentrazioni di sali (140 g/l) e di arsenico [5],[6]. L'impianto era costituito da molti moduli, che avevano un superficie complessiva di 4700 m<sup>2</sup>. Produse 23 m<sup>3</sup>/giorno di acqua potabile fino al 1911. In villaggi greci questa tecnologia ha funzionato fino al 1971. Un progetto, recentemente attivato in un'area nel deserto messicano, prevedeva di trasferire ad una comunità le competenze per rendere potabili le acque di falda con elevate concentrazioni di sali,

usando dissalatori solari auto costruiti. Furono sperimentati alcuni semplici dissalatori con successo; ora con questa soluzione abitualmente si produce l'acqua per uso potabile [7]. Questa tecnologia di recente è stata rivalorizzata e alcuni modelli sono disponibili in commercio. Chiaramente garantisce produzioni limitate e non comparabili con quelle di apparecchiature più complesse e alimentate da energia elettrica. Ma i costi di acquisto e di gestione sono però bassi, quindi questa tecnologia è adatta per comunità povere e isolate. Ha un altro vantaggio. In un distillatore solare l'acqua, riscaldata ed investita dalla radiazione solare, viene anche purificata, perché si inattivano numerosi organismi patogeni, cause di dissenteria e di malattie trasmissibili con l'acqua. Ad esempio nel progetto SODIS [8] si è dimostrato che, esponendo al sole comuni bottiglie di PET contenenti l'acqua da bere, questa si purifica. Questa tecnica molto semplice è raccomandata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per il trattamento domestico e la conservazione dell'acqua. Se la temperatura dell'acqua raggiunge temperature di 60-70 °C, il processo di disinfezione è efficace e veloce; per esempio il latte si sterilizza riscaldandolo ad una temperatura di almeno 71,7°C per 15 secondi (processo di pastorizzazione). A Massaua, e in altri paesi a sud del mondo con insolazione elevata, le temperature dell'acqua in un distillatore garantiscono buoni livelli di purificazione dell'acqua.

### 3. Produzione giornaliera di un distillatore solare a singola camera

Tale produzione dipende prevalentemente dalla radiazione solare giornaliera; altri parametri sono meno importanti, quali la temperatura dell'aria, la velocità del vento, la geometria e i materiali usati [9],[10]. Di norma è misurata o ricavata da modelli simili. Le curve continue di figura 2 riproducono la produzione di tre modelli, rappresentativi dei più comuni in funzione della radiazione solare giornaliera, espressa in kWh. La curva superiore [11] è quella dichiarata dalla ditta costruttrice del modello usato nel deserto messicano. Un modulo è stato acquistato e sperimentato nell'Istituto E.Ferrari di Borgo a Mozzano (LU) (lat.44°), poi è stato inviato a Massaua (fig.3). Sulla curva sono indicate anche le "Misure sperimentali" effettuate in Italia, che confermano la produzione dichiarata dal costruttore. La curva intermedia descrive la produzione di un distillatore costruito da un ricercatore australiano [12]. Ha una pendenza crescente con la radiazione solare. Questo andamento è stato confermato dalle misure effettuate su un prototipo, con una geometria molto simile, costruito presso l'Istituto G.Giorgi di Lucca [13]. Infine la curva inferiore [14] mostra una produzione bassa, indicativa di un modello poco efficiente. La curva superiore rappresenta meglio la produzione reale di queste apparecchiature, se costruite correttamente [15],[16]. Quindi con questa curva e la radiazione solare media giornaliera (fig.2), stimata con il software PVGIS [17], si è calcolata la produzione media giornaliera a Massaua. È 3-4 l/m<sup>2</sup> in gennaio e febbraio, mentre quella massima è 4,5-5,5 l/m<sup>2</sup> in maggio e ottobre.

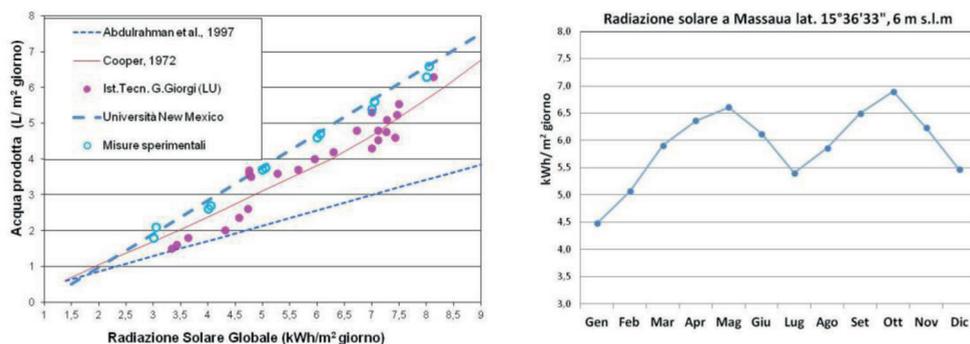


Fig.2 – Produzione di dissalatori a singola camera e radiazione solare a Massaua.

L'OMS [18] invita a garantire l'accesso all'acqua alle popolazioni povere a sud del mondo. Per i bisogni primari la "quantità accettabile" è stimata in 20 litri per giorno e per persona. Per impedire la deidratazione del corpo (2) la "quantità minima vitale" è 2 litri per giorno e per persona. Garantire, solo con distillatori solari, la "quantità accettabile" ad una comunità, anche piccola, servono tanti moduli e costi elevati. Invece fornire la "quantità minima vitale" è fattibile e conveniente. Un modulo sulla costa eritrea garantisce, ad eccezione di gennaio, almeno 4 l/m<sup>2</sup> giorno, che è il doppio della quantità minima vitale. Per questo moduli, con una superficie in metri quadri pari alla metà della popolazione, possono assicurare, con continuità e in modo affidabile, l'acqua minima vitale in casi di emergenza idrica.

#### 4. Descrizione del progetto

Fu tenuto, nel novembre 2014, un seminario nella scuola Saint Francis di Massaua sul funzionamento del dissalatore. Fu anche costruito da collaboratori eritrei un prototipo, ma non funzionò molto bene. I frati allora decisero di comprare due modelli commerciali (fig.3). Il primo, utilizzato nel deserto messicano, fu acquistato dall'Associazione Onlus "Lucca Massaua un lungo ponte". Prima di inviarlo in Eritrea fu sperimentato nell'Istituto E.Fermi di Borgo a Mozzano (LU) con l'aiuto di un ricercatore italiano, che collabora con i frati. Nella figura 2, con il termine "Misure sperimentali", si indica la produzione misurata in Italia e in diverse condizioni di radiazione solare. Le misure, eseguite sulla qualità delle acque, dimostrarono, quanto già osservato [19] [20], che nitrati, metalli pesanti e solidi disciolti venivano rimossi. Alla fine di aprile 2016 la produzione del modulo a Massaua è stata il primo giorno 5,1 l/m<sup>2</sup> e il secondo 4,8 l/m<sup>2</sup>. È in accordo con la curva continua e superiore di figura 2. L'altro modello è parte di un impianto, prodotto in Australia, che fu acquistato e spedito a Massaua dalla Fondazione "Podini" di Bolzano. Tale impianto è costituito da 10 moduli, un pannello fotovoltaico (FV), una pompa solare, tubi e raccordi in PVC per collegare i moduli ad un serbatoio. Ogni modulo ha una superficie di 3 m<sup>2</sup> e può funzionare anche in modo singolo e alimentato per gravità; la portata, regolabile con una valvola, deve essere circa 40 litri dall'alba al tramonto. L'acqua viene introdotta dall'alto e esce in basso da due aperture; da una esce acqua con una concentrazione di sali superiore a quella all'ingresso, dall'altra acqua potabile. Un modulo è stato fatto funzionare a Massaua il 25 e 26 ottobre 2015 in modo singolo e alimentato per gravità da un serbatoio contenente acqua di mare (fig.3). I giorni erano sereni (0/8 di nuvolosità). Il primo giorno la produzione è stata di 13 l (4,3 l/m<sup>2</sup>), quella del giorno successivo è stata inferiore, 9,5 l (3,2 l/m<sup>2</sup>), ma il modulo non è stato alimentato fino al tramonto. La produzione è risultata vicina a quella indicata dalla curva intermedia di figura 2, quindi il modulo si è dimostrato abbastanza efficiente. In futuro la sua funzionalità sarà valutata su un intervallo di tempo significativo.



Fig. 3 – Il modulo sperimentato in Italia presso la scuola italiana e quello australiano.

Sono state eseguite misure chimiche (tab.1), presso il laboratorio del Ministero delle Risorse Idriche di Asmara. L'acqua ottenuta non era totalmente demineralizzata, come già osservato in altre esperienze [21]. I livelli di Residuo Fisso (TDS) sono bassi e quelli di calcio e magnesio sono inferiori a quelli consigliati dall'OMS. Il pH è risultato basso e la concentrazione di NH<sub>3</sub> nulla. L'acqua è stata certificata idonea per usi potabili.

|                     | Cond. Elett.<br>µS/cm | Temp<br>°C | pH  | TDS<br>mg/l | Ca<br>mg/l | Mg<br>mg/l | NH <sub>3</sub><br>mg/l |
|---------------------|-----------------------|------------|-----|-------------|------------|------------|-------------------------|
| acqua marina        | 58200                 | 22         | 8,1 | 38994       | 450        | 1450       | 0,01                    |
| acqua "solar still" | 180                   | 22         | 6,2 | 120         | 11         | 2,88       | 0                       |

**Tab.1** – Misure sull'acqua di mare e sull'acqua potabile prodotta.

## 5. Conclusioni

Sono state trasferite in Eritrea le competenze per realizzare distillatori solari a singola camera. Il progetto ha coinvolto, con un scambio reciproco di competenze e di conoscenze, le autorità locali, studenti e professori di un paese africano e di un paese europeo. Sono stati sperimentati con successo due modelli. L'acqua prodotta è stata certificata potabile dal Ministero Eritreo delle Risorse Idriche. I livelli di minerali, in particolare di calcio e magnesio, sono risultati bassi. Saranno sviluppati metodi semplici per mineralizzare l'acqua con prodotti disponibili in Eritrea e di basso costo, come ad esempio il sale ricavato direttamente dalla dissalazione dell'acqua di mare. Il progetto ha dimostrato che i distillatori solari sono facili da costruire, da gestire e poco costosi, quindi adatti per comunità povere, isolate e prive di elettricità. A Massaua la produzione, ad eccezione in gennaio, è almeno 4 l/(m<sup>2</sup> giorno) cioè il doppio di quella necessaria per evitare la deidratazione del corpo umano. Con una tale produzione solo tanti moduli possono garantire l'acqua ad una comunità. Quindi questa tecnologia va integrata con altri sistemi di produzione di acqua potabile, ad esempio di raccolta e di conservazione della pioggia. Verranno installati dieci moduli australiani presso una comunità di pescatori dove l'unica sorgente di acqua è la pioggia raccolta in cisterne interrate in modo poco efficiente. I moduli garantiranno almeno 120 litri di acqua potabile per giorno, che è una quantità utile per superare periodi di emergenza idrica.

## Bibliografia

- [1] **Delyannis A., Delyannis E.**, 1983, Recent Solar Distillation Development, *Desalination*,45,361-369.
- [2] **Delyannis E.**, 2003, Historic Background of Desalination and Renewable Energies, *Solar Energy*, 75, 357-366.
- [3] **Abdel-Rehim Z., Lasheen A.**, 2005, Improving the Performance of Solar Desalination Systems, *Renewable Energy*, 30, 1955-1971.
- [4] **Kumar S., Tiwari G.N., Singh H.N.**, 2000, Annual Performance of an Active Solar Distillation System, *Desalination*, 127, 79-88.
- [5] **Harding J.**, 1883, Apparatus for Solar Distillation, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, London 73, 284-288.
- [6] **Telkes M.**, 1956, Solar Stills, In *Proceedings of World Symposium on Applied Solar Energy*, 73-79.
- [7] **Foster R., Amos W., Eby S.**, 2005, Ten Years of Solar Distillation Application Along the U.S.-Mexico, Border, *Solar World Congress*, International Solar Energy Society, Orlando, Florida.
- [8] <http://www.sodis.ch>.
- [9] **Tiwari G.N., Singh H.N., Tripathi, R.**, 2003, Present status of solar distillation. Elsevier: *Solar Energy* 75:367-373.
- [10] **Al-Hayek I., Badran, O.O.**, 2004, The effect of using different designs of solar stills on water distillation. Elsevier: *Desalination* 169:121-127.
- [11] <http://epsea.org/borderpact.pdf>.

- [12] **Cooper P.I.**, 1972, The Maximum Efficiency of Single Effect Solar Stills, *Solar Energy*, 15, 205-217.
- [13] **Marri P., Cappelletti A., Cecconi M., Gini E., Orsetti V.**, 2010, Sperimentazione e monitoraggio di un evaporatore solare per comunità povere, ENEA-RT-2010-20.
- [14] **Abdulrahman G., Ileri A.**, 1997, Software to Analyze Solar Stills and an Experimental Study on the Effects of the Cover, *Desalination*, 114, 37-44.
- [15] **Kalidasa Murugavel K., Chockalingam, Kn.K.S.K., rithar K.**, (2008) Progress in improving the effectiveness of the single basin passive solar still. Elsevier: *Desalination* 220:667-686.
- [16] **Kabeel A.E., El-Agouz S.A.**, 2011, Review of researches and developments on solar stills. Elsevier: *Desalination* 276:1-12.
- [17] **PVGIS Software:** <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
- [18] **WHO, 2003**, Domestic water quantity, service level and health. Geneva, Switzerland.
- [19] **WHO, 2004a-b**, Water requirements, impinging factors, and recommended intakes. Health risks from drinking demineralised water. Geneva, Switzerland.
- [20] **Hanson, A, Zachritz, W., Stevens, K., Mimbela, L., Polka R., Cisneros, L.**, 2004, Distillate water quality of a single-basin solar still: laboratory and field studies. Elsevier: *Solar Energy* 76:635-645.
- [21] **Ashish K., Prashant A., Mohd A.Z.**, 2104, Distillate water quality analysis and economics study of a passive solar still, *Recent Research in Science and Technology* 2014, 6(1): 128-130.

# Design of household sanitation facilities through a participatory approach in Iringa Municipality, Tanzania

*Marta Domini [m.domini@unibs.it](mailto:m.domini@unibs.it), Sabrina Sorlini  
CeTAmb LAB, Università degli Studi di Brescia, Brescia*

## **Riassunto**

*Nell'ambito del progetto di cooperazione "Integrate Environmental Sanitation Concepts for Poor, Underserved and peri-urban areas of Iringa Municipality", in Tanzania, si sta implementando un sistema igienico-sanitario appropriato. Nell'area interessata dal progetto infatti il 45% delle latrine familiari è non migliorato, ed emerge allo stesso tempo la necessità di sviluppare un mercato nel settore dei servizi igienico-sanitari che possa offrire soluzioni sostenibili per le famiglie, ed opportunità per gli imprenditori locali. Si è quindi applicato un approccio di tipo partecipativo basato sui principi del "Human Centered Design" per la progettazione di latrine appropriate a livello familiare. I primi risultati hanno mostrato i punti di forza e le sfide della metodologia applicata, così come la potenzialità di integrarla all'interno di una strategia di "sanitation marketing".*

## **Summary**

*An improved sanitation system is under implementation within the project "Integrate Environmental Sanitation Concepts for Poor, Underserved and peri-urban areas of Iringa Municipality", in Tanzania. In the targeted project area, the 45% of latrines at household level is unimproved, while emerged the need of implementing a sanitation business that could offer sustainable solutions for households and opportunities to local entrepreneurs.*

*A participatory methodology was applied following the Human Centered Design (HCD) approach in order to design appropriate latrines suitable for households. First results showed strengths and challenges of the approach and the potential to integrate the tool in the sanitation marketing strategy.*

## **1. Introduction**

The access to improved, adequate and affordable sanitation services represents until now a great challenge in most parts of the world, particularly in low-income countries. It is estimated that 2.4 billion people lack access to improved sanitation of which 695 million live in Africa [1]. The scarce hygienic conditions and the poor management of sanitation systems are among the main causes of diarrheal diseases and pathogens transmission. There are many reasons why many people still have no access to environmental sanitation services: poor policy at all levels; poor institutional frameworks; inadequate and poorly-used resources; neglect of consumer preferences; ineffective promotion and low public awareness [2].

To overcome these problems, many efforts are employed into Water Hygiene and Sanitation (WASH) programs and projects carried out by national and international governments and

NGOs. Top down sanitation programs that promote a specific sanitation technology based on the presumption of ‘outside’ experts have been often condemned for endorsing unsustainable, expensive and inappropriate technologies [3]. In response to these critiques, a new era of demand-led sanitation programs (including community led total sanitation - CLUES - [4] and sanitation marketing [5]) was promoted based on the participation of users to create appropriate sanitation technologies [6].

This paper examines the use of the Human Centered Design (HDC) approach within the cooperation project “Integrated Environmental Sanitation concepts for poor, underserved and peri-urban areas of Iringa Municipality”. The aim of the project is to improve health and living conditions of communities of four peri-urban wards of Iringa Municipality, in Tanzania. To increase the access to improved sanitation and to create a sanitation market are among the purposes of the project. The paper focuses on the process of designing appropriate latrines for households by a methodology based on HCD principles. In HCD, researchers and designers attempt to cooperate with and learn from potential users of the products or services which they are developing. Their goal is to develop products or services that match users’ needs and preferences [7]. In fact, in order to develop effective, scalable, and sustainable products in emerging regions, it is necessary to deeply understand the social factors, cultural context, and needs of their intended users, and to adopt techniques and tools that engage potential users and customers in the design process [7]. The whole process is seen in a sanitation marketing perspective, where households are seen as consumers, not beneficiaries, of sanitation goods and services. To motivate household to spend hard earned money and effort for an improved latrine, the very first step is to understand them better [8].

The paper provides a description of the methodology adopted and results obtained, and critically reflects on strengths and challenges of the method to the concerned area in particular, and to low income context in a wider perspective.

## **2. Report**

### *2.1 Background of the research area*

The research was implemented in four peri-urban wards of Iringa, named Mtwivila, Kihesa, Kitwiru and Nduli. These wards have similarities but even different characteristics. From the preliminary survey conducted in field, it emerged that in the whole area almost the total of households (99%) have a latrine, the 45% of which is unimproved. Peri-urban wards are not served by the municipal sewer system, and households rely upon on-site collection technologies, as traditional pit latrines and septic tanks. Traditional pits are usually abandoned when full, and a new pit is dig; only a small part of the population uses the mechanized emptying service. People recognize the importance of protecting health, in particular if they have children, even if sanitation-related issues are not expressed among their top priorities.

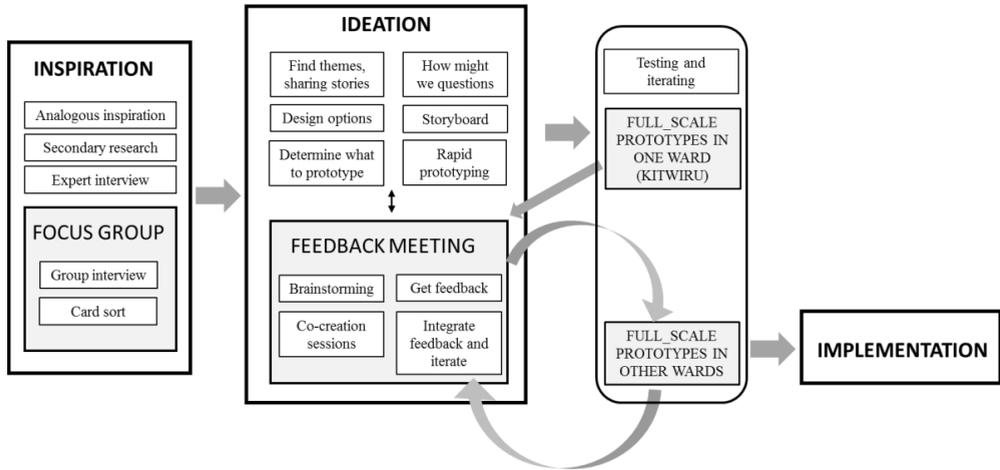
The main difference between wards concerns geophysical aspects: the ward of Nduli shows characteristics of rural environments, it covers a big area and is the less densely populated one [9]. No households have access to tap water in the plot. On the contrary, the other three wards have urban characteristics and some areas of Kihesa and Mtwivila are densely populated. The majority of households (86%) have access to piped water in the dwelling or in the plot.

### *2.2 Methodology*

The participatory approach applied within the project is derived from the HCD Manual [10] developed by the design firm IDEO. The manual presents the general approach of the methodology, consisting of 3 phases: inspiration, ideation and implementation. For each phase, the manual suggests and presents a wide number of tools which practitioners could use according

to their needs. Moreover, the process itself is declared to be not linear, but it could be varied depending on outputs of applied tools: the iteration is one of the core components of the process.

The methodology applied in the case study presented is schematized in **Figure 1**. Tools of the HCD toolkit adopted for each phase are listed.



**Fig. 1** – Representation of the process followed in implementing the HCD approach for the design of improved facilities in Iringa.

The inspiration phase was conducted by a team composed by personnel of local and international NGOs partners of the project. The design challenge was defined as follow: “Design suitable latrines for households who have unimproved toilets in peri-urban areas of Iringa.” The team started from three technologies selected through the CLUES [4] approach: Ventilated Improved Pits (VIP), fossa alterna and Pour flush [11]. The team developed a catalogue of latrine options, presenting different choices for the substructure, slab and superstructure. Each option was represented in a card including a drawing and a picture, a short list of advantages and disadvantages and a rough indication of the cost.

Focus groups were organized in each of the four wards. Particular attention was paid to the selection of participants; representative of following groups were invited: ward authorities, vulnerable groups (elders, disabled people, single mothers), landlords, tenants, young, parents. The number and gender of participants involved in meetings is shown in **Table 1**.

Participants were divided in men and women. Starting from the catalogue, the two groups separately were asked to discuss about their toilet and proposed improved options shown on cards, and to select or vote their preferred ones. Therefore, the two groups were invited to share their decision with the others and to agree together about a ranking of proposed options.

The team elaborated results from focus groups trough brainstorming sessions and rapid prototyping. Considering time, economical and logistical constraints, the team decided to build two full-scale prototypes of latrine for each ward, based on these criteria:

- latrines would respect the preferred choices emerged from focus groups discussion in the ward
- latrines would be built next to ward offices and serve as public toilets
- prototyping objective is to show real products to people in order to facilitate comparison and evaluation
- another objective is to train local artisans and evaluate technical aspects and costs.

| Ward         | Focus group |           |           | Feedback meeting |           |           |
|--------------|-------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|
|              | Women       | Men       | Total     | Women            | Men       | Total     |
| Mtwivila     | 16          | 10        | 26        | 11               | 06        | 17        |
| Nduli        | 16          | 12        | 28        | 22               | 15        | 37        |
| Kihesa       | 10          | 07        | 17        | -                | -         | -         |
| Kitwiru      | 12          | 10        | 22        | 9                | 11        | 20        |
| <b>Total</b> | <b>54</b>   | <b>39</b> | <b>93</b> | <b>42</b>        | <b>32</b> | <b>74</b> |

**Table 1** – Number of participants to focus groups and feedback meetings divided per gender and ward.

First prototypes were constructed in the ward of Kitwiru, where a feedback meeting was organized in order to get feedback from the community and improve the prototypes' design. Feedbacks were received by the team and included in the realization of prototypes in wards of Nduli and Mtwivila, according to the principle of iteration.

Subsequently, feedback meetings were conducted in Nduli and Mtwivila; outputs were considered for improving the prototypes' design in the fourth ward. Same participants as of focus groups were invited at feedback meetings, in each ward. They were divided in men and women, invited to inspect the prototypes constructed and supplied with a list of guided questions in order to facilitate a discussion. Then they were asked to present their findings and to discuss about their preferences and feedbacks.

Along the whole process, co-creating session and partnerships were promoted with local artisans and entrepreneur, for considering technical feasibility and logistical aspects.

### 2.3 Results

The HCD approach helped the team in individuating preferences and aspirations of communities to which the design was addressed.

The most productive tools permitting an exchange with users were focus groups and feedback meetings.

During focus group, people declared not to be satisfied with their latrines. In all wards, the preferred technology was the pour flush, while dry toilets were disliked mostly because people have little or no knowledge about them. Only in the ward of Nduli, participants showed an interest in dry toilets and in resource recovery, because of the opportunity to produce manure to use in fields. Consequently, the team decided to build a fossa alterna in each ward as one of the two prototypes, in order to introduce the technology to the community.

In all wards, people selected squatting pans and disliked pedestals considered unhygienic. People chose cement as preferred material because durable, while they considered wood and grass as temporary and poor materials.

People showed to attribute a great importance to information about latrines and technologies: they believe they could change their opinion if correctly informed.

It was observed in all wards that women linked their choice to parameters as quality, cleanliness, durability and hygiene, while men were more focused on cost and affordability. Results showed that people aspired to a durable toilet, easy to clean and maintain, with a pour flush technology. The choice of a water-based technology was a challenging point, because some household, particularly in Nduli, were not connected to the aqueduct and people have to purchase the water in distribution points far from the house. This evidenced how people's aspirations did not always coincide with their real possibilities.

The commitment of people in the prototyping process emerged in Nduli, where the community contributed with not skilled work (pit digging) to the construction of latrines. It did not happen in other wards, where workers were employed for the whole building activities.

From feedback meetings, it emerged that people were generally satisfied with built latrines. Feedbacks concerned the size, which was increased in second prototypes. Another issue was the privacy: people asked to modify the structures in order to eliminate even little spaces under the door in order no one could see even feet of users from outside. Other feedbacks concerned the movable superstructure created for the fossa alterna, which appeared not robust enough.

A strong interest for the dry technology of fossa alterna, which was disliked during focus groups, emerged from feedback meetings. This fact underlined the efficacy of the real scale prototyping and iteration process carried out by the team.

It emerged also that estimated cost of latrines corresponded to the price people attribute to them, and that they are willing to pay.

From one hand, prototypes realization and co-creating sessions with local artisans stimulated workers and enterprises, linked to traditional technologies and building techniques, to look at sanitation products in a different way, becoming creatives and posing questions; on the other hand, it supported designers to link their ideas to practice and available construction techniques.

### **3. Conclusions**

The methodology adopted in Iringa, and in particular the realization of full-scale prototypes and the iterative process followed, provided good results in the design of a suitable product for users. The process, in addition to stimulate people participation and ownership, created also an exceptional way of communication and awareness increasing, which would be difficult to transmit in other ways. The adopted process created a virtuous flow of continuous learning and innovation, and showed a good potential of creating a product desirable and affordable for households.

Feedback meetings outputs showed that the designers' team well addressed inputs collected during the inspiration phase, concerning technical, esthetical and economic issues.

The methodology permitted also to evidence the importance of gender in the vision of latrines, which would be helpful in a sanitation marketing perspective.

Another important point emerged was the difference of perceptions between peri-urban wards showing urban characteristics (Mtwivila, Kihesa and Kitwiru) and the ward having rural characteristics (Nduli). In the first case, people looked at the latrine more as something increasing their status, and were oriented through a 'key in hand' product, where the excreta management was delegate to others. In Nduli, people showed a more practical approach to toilet, they were ready to collaborate to the construction and preferred a technology oriented to the reuse of product as fertilizer.

The HCD methodology showed to be fundamental to design a product people would like to purchase, and to be a useful approach to be integrated into the sanitation marketing strategy within the project of Iringa and in other projects in low-income countries in general.

### **Acknowledgements**

The authors would like to express their thanks to the staff collaborating to the project "*Integrate Environmental Sanitation Concepts for Poor, Underserved and peri-urban areas of Iringa Municipality*", in particular Joerg Henkel, Project Manager, and Deogratus Kapongo, Project Coordinator, and to the whole team working at the development and implementation of the HCD approach in Iringa.

### **References**

[1] **UNICEF and World Health Organization** "25 years progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment". World Health Organization (2015), Geneva, Switzerland.

- [2] **Simpson-Hébert M., Wood S.** “Sanitation promotion”, World Health Organisation (1998), Geneva, Switzerland.
- [3] “The Case for Marketing Sanitation”, Water & Sanitation Program (WSP) Field Note (2004).
- [4] **Lüthi C., Morel A., Tilley E. and Ulrich L.** “Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES Complete Guidelines for Decision-Makers with 30 Tools”. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (2011), Dübendorf, Switzerland.
- [5] **Devine J. and Kullmann C.**, “Introductory Guide to Sanitation Marketing”, Water and Sanitation Program (WSP) toolkit (2011)
- [6] **Cole B., Pinfold J., Ho G. & Anda M.** “Examining the methodology of participatory design to create innovative sanitation technologies in rural Malawi”, briefing paper 36<sup>th</sup> WEDC International Conference (2013), Nairobi, Kenya
- [7] **Mitlin D. and Thompson J.** “Participatory approaches in urban areas: strengthening civil society or reinforcing the status quo?”, *Environment and Urbanization* (1995), Vol. 7, No. 1, April 1995
- [8] **Jenkins M., Pedit D.** “Consumer Behavior: How do we understand sanitation consumers in target markets?”, UNICEF Sanitation marketing learning series. Guidance note n. 2
- [9] **National Bureau of Statistics and Iringa Municipal Council** “Iringa Municipal Council Socio-Economic Profile 2013”, (2013), Iringa, Tanzania.
- [10] “The field guide to Human-Centered Design”, [www.ideo.org](http://www.ideo.org) (accessed 5 September 2016)
- [11] **Tilley E., Ulrich L., Luethi C., Reymond P. and Zurbrugg C.** “Compendium of Sanitation Systems and Technologies”, 2nd Revised Edition. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (2014), Dübendorf, Switzerland.

# Tecnologie appropriate per la sicurezza dell'acqua destinata al consumo umano nei Paesi a risorse limitate

*Sabrina Sorlini [sabrina.sorlini@unibs.it](mailto:sabrina.sorlini@unibs.it)*

*<sup>1</sup>DICATAM Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica - Università di Brescia*

## **Riassunto**

*L'accesso all'acqua potabile rappresenta uno degli obiettivi centrali da raggiungere per lo sviluppo umano. Numerosi sforzi sono stati compiuti nel corso degli ultimi 15 anni con l'obiettivo di dimezzare entro il 2015, nell'ambito degli MDGs, la percentuale di persone senza accesso all'acqua potabile, riferendosi alla situazione del 1990. Sebbene questo obiettivo sia stato raggiunto a livello globale, esistono ancora diverse aree critiche, in cui questa condizione non è garantita. Al fine di incentivare per il futuro i programmi di intervento su questo tema, nell'ambito degli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs), fissati nel 2015, viene posto come obiettivo al 2030 quello dell'acqua sicura e disponibile per tutti. In questo articolo vengono analizzate strategie e soluzioni, più o meno consolidate nei paesi in via di sviluppo, in grado di garantire un accesso appropriato a fonti di acqua sicura.*

## **Summary**

*Access to safe water is one of the central objectives for human development. several efforts have been made over the past 15 years with the goal of halving by 2015, as part of the MDGs, the proportion of people without access to drinking water, referring to the situation in 1990. Although this objective has been achieved globally, there are still several critical areas, where this condition is not guaranteed. In order to motivate intervention programs on this issue for the future, in the context of sustainable development goals (SDGs) established in 2015, it is set as a target for 2030 to guarantee "the access to safe and affordable drinking water for all". This paper presents strategies and solutions, more or less consolidated in developing countries, able to ensure appropriate access to safe water.*

## **1. Introduzione**

L'acqua è quantitativamente sufficiente quando è in grado di soddisfare i bisogni personali e domestici del bere, della pulizia, della preparazione degli alimenti e dello smaltimento dei reflui domestici. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS, WHO) [1], il quantitativo ottimale per soddisfare tali bisogni è di 100-200 L per persona al giorno, quello minimo di 20 L (sebbene l'igiene potrebbe essere compromessa).

L'acqua è sicura quando è libera da contaminanti chimici e microbiologici che possono causare danni alla salute umana. Il WHO [1] indica una serie di valori guida da rispettare per diversi parametri di qualità. L'acqua è considerata accettabile quando possiede un gusto, un colore ed un odore che rispondono alle aspettative dei consumatori.

L'acqua è fisicamente accessibile quando è all'interno o nelle immediate vicinanze del punto di consumo (abitazioni domestiche e strutture socio-sanitarie). Il WHO [1] indica che quando la distanza da un punto d'acqua supera i 1000 metri e/o i 30 minuti di cammino, i volumi raccolti sono drasticamente ridotti con un conseguente impatto negativo sulla salute umana. Infine, l'acqua è considerata economicamente accessibile quando rispetta il potere d'acquisto dei consumatori.

Nel *Target 7c degli Obiettivi di Sviluppo del Millennio* si parla di accesso all'acqua potabile, dichiarando l'intenzione della comunità internazionale a dimezzare, entro il 2015, la percentuale di persone senza accesso all'acqua potabile e a servizi igienico-sanitari di base, riscontrata nel 1990 [2]. Per accesso all'acqua potabile si intende accesso a fonti cosiddette "migliorate" (*improved sources*), ovvero fonti che possono garantire un adeguato grado di protezione dell'acqua: rubinetto domestico, fontana pubblica, rete acquedottistica, pozzo protetto, ecc.. Relativamente a questo approccio, il punto critico è che vi possono essere situazioni in cui l'acqua, pur provenendo da "fonti migliorate", in realtà può presentare un certo livello di rischio per la salute umana se le tecnologie di captazione, trattamento e distribuzione non sono sicure. Vi può essere infatti il caso di acque che, pur provenendo da pozzi protetti che presentano alla fonte una adeguata qualità chimica e microbiologica, non risultano idonee al consumo umano nel momento in cui vengono utilizzate in conseguenza all'utilizzo di sistemi poco sicuri per il trasporto e lo stoccaggio dell'acqua a livello domestico [3, 4].

Il 2015 ha rappresentato un anno importante, in quanto *deadline* per il conseguimento dell'obiettivo di sviluppo del millennio per quanto riguarda l'accesso all'acqua potabile. In particolare, è stato raggiunto a livello mondiale l'obiettivo di dimezzare la percentuale di persone senza un accesso a fonti migliorate di acqua potabile e la percentuale di persone che utilizzano una fonte d'acqua migliorata è passata dal 76% nel 1990 al 91% nel 2015 [5].

Sempre nel 2015 sono stati definiti gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*SDG o Sustainable Development Goals*), un insieme di obiettivi pensati per il futuro dello sviluppo del mondo. In particolare, all'obiettivo 6 viene definito il traguardo da raggiungere entro il 2030 di garantire "*Safe and affordable water for all*", ovvero acqua sicura e disponibile per tutti [6]. Questo target è caratterizzato da due concetti fondamentali: la sicurezza dell'acqua e l'accesso sostenibile all'acqua. Il concetto di sicurezza è legato alle caratteristiche di qualità microbiologica e chimico-fisica dell'acqua e alle implicazioni che queste possono avere sulla salute umana. Il concetto di accesso sostenibile è invece complesso, in quanto prevede il conseguimento concomitante di diverse condizioni legate alla sfera tecnologica, ambientale, sociale, antropologica, economica, che insieme dovrebbero garantire le basi per un uso della risorsa idrica equo e duraturo nel tempo.

## **2. Gli indicatori di accesso all'acqua**

Per poter misurare il raggiungimento di tale obiettivo, il *Joint Monitoring Programme (JMP)* del WHO e dell'UNICEF classifica le fonti d'acqua in "migliorate" e "non migliorate" (Tabella 1) ed utilizza "l'uso di una fonte migliorata" come un semplice indicatore di accesso sostenibile ad acqua sicura [7].

Questo approccio valuta quindi l'accesso a certi tipi di fonte, assumendo per ipotesi che le fonti migliorate abbiano una maggiore probabilità di fornire acqua sicura rispetto a quelle non migliorate. Tale approccio non comprende tuttavia l'aspetto di idoneità delle fonti dal punto di vista qualitativo, che implica un monitoraggio di qualità dell'acqua. Inoltre, un unico indicatore ("uso di una fonte migliorata") non coglie le diverse dimensioni della sostenibilità di accesso all'acqua, inclusa l'equità di accesso. Da qui nasce la necessità di integrare l'approccio fino ad ora utilizzato dal JMP nell'ambito dei MDGs con altri tipi di valutazioni che tengano conto della sicurezza dell'acqua e della sostenibilità di accesso, con particolare riguardo al concetto di diritto umano.

| Categoria di fonte              | Tipologia  |
|---------------------------------|--|
| Fonti non migliorate            | Pozzi scavati non protetti, sorgenti non protette, carretti con piccoli serbatoi, acque superficiali (fiumi, laghi, stagni, canali, etc.) e acqua di bottiglia |
| Fonti migliorate: acque di rete | Rubinetti collocati all'interno dell'abitazione o della corte domestica  |
| Fonti migliorate: altre fonti   | Rubinetti domestici, pozzi trivellati con pompa a mano, pozzi scavati protetti, sorgenti protette, serbatoi di raccolta dell'acqua piovana                     |

**Tab. 1** – Classificazione delle fonti idriche migliorate e non secondo gli MDGs [7]

Per quanto riguarda la sicurezza dell'acqua, la buona qualità della risorsa idrica è determinata da:

- **il tipo di fonte:** quando possibile, la scelta deve essere orientata verso tipologie di fonte tipicamente migliori dal punto di vista quantitativo e qualitativo, per esempio le acque di falda sotterranea. Nei Paesi in via di sviluppo (PVS), in mancanza di queste fonti o per difficoltà di captazione, si possono valorizzare fonti alternative come l'acqua piovana;
- **il tipo di captazione:** bisogna garantire una serie di condizioni per evitare che fonti di buona qualità non vengano contaminate all'atto della captazione. A tal fine, esistono tecnologie appropriate atte a preservare e non deteriorare la qualità dell'acqua, come per esempio il pozzo mostrato in Figura 1.sx o il sistema di raccolta dell'acqua piovana in Figura 1.centro;
- **i mezzi per il trasporto e la conservazione domestica:** mentre nei Paesi sviluppati l'acqua viene fornita direttamente al rubinetto domestico tramite rete di adduzione, nei PVS il trasporto dal punto di captazione (es. il pozzo) a quello d'uso (abitazione) avviene manualmente all'interno di recipienti, così come lo stoccaggio domestico fino al momento del consumo. È quindi importante l'uso di recipienti chiusi, dotati di piccole aperture per il riempimento e di rubinetti per il prelievo dell'acqua (Figura 1.dx), al fine di evitare contaminazioni dall'esterno. È inoltre fondamentale che l'utente rispetti norme igieniche adeguate (es. pulizia periodica dei recipienti);



**Fig. 1** – Pozzo protetto (sx), sistema di raccolta dell'acqua piovana (centro) e serbatoio per lo stoccaggio domestico dell'acqua (dx)

- **il trattamento:** quando non si riesce a disporre di acqua di buona qualità mediante gli accorgimenti precedentemente descritti, è necessario applicare un trattamento. Nei PVS, dove le condizioni igieniche sono spesso carenti, è consigliabile svolgere il trattamento a livello domestico appena prima del consumo. A tal fine, esistono semplici tecnologie che sfruttano materiali locali e a basso costo. Tra i trattamenti appropriati si citano la filtrazione su sabbia, la coagulazione-flocculazione (usando anche reagenti locali come le piante di Moringa Oleifera dove presente) e la disinfezione (es. disinfezione solare). Spesso un trattamento minimo di disinfezione è sufficiente a garantire un miglioramento anche sensibile della qualità microbiologica, limitando notevolmente i rischi di trasmissione all'uomo di agenti patogeni. Anche nei

paesi a risorse limitate, la necessità di trovare soluzioni sostenibili ha portato ad introdurre nuove tecniche, considerate spesso emergenti per questi contesti. A titolo di esempio, per la disinfezione dell'acqua le tecniche più tradizionali basate sull'ebollizione o la clorazione hanno lasciato spazio ad altre soluzioni come la disinfezione solare (disinfezione SODIS, *Solar Disinfection* [7]) o la filtrazione su filtri ceramici [8] (Figura 2).



**Fig. 2** – Sistemi per la disinfezione dell'acqua potabile mediante vaso in terracotta (sx) e radiazione solare (dx)

Queste strategie, basate su un approccio prevalentemente tecnologico, si sono integrate negli anni più recenti con l'approccio, già introdotto dall'OMS nel 2004 [9], riguardante i Piani di sicurezza dell'acqua (PSA), aventi come obiettivo la minimizzazione della contaminazione dell'acqua alla fonte, la rimozione dei contaminanti tramite trattamenti opportuni e la prevenzione della ri-contaminazione durante il trasporto (rete di distribuzione), lo stoccaggio e l'utilizzo a livello domestico.

Per quanto riguarda il concetto di accesso sostenibile, dovrebbero essere valutati il tempo per la raccolta dell'acqua, la disponibilità quantitativa e temporale della risorsa idrica durante la giornata e durante l'anno, l'accessibilità economica, l'equità di sfruttamento delle fonti. Quindi altri indicatori dovrebbero essere sviluppati per considerare questi aspetti legati al “diritto universale di accesso all'acqua” [10].

### 3. Conclusioni

L'accesso a fonti migliorate di acqua potabile rappresenta uno degli obiettivi centrali definiti nell'ambito dei MDGs. Tale obiettivo è stato raggiunto entro la *deadline* del 2015, anno nel quale sono stati definiti i nuovi obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs) che riportando entro il 2030 l'obiettivo di garantire acque sicure per tutti. Questo richiede la necessità di mettere in atto strategie, soluzioni e approcci sempre più orientati a garantire la sicurezza dell'acqua a protezione della salute del consumatore. Tali approcci non possono essere più basati su una singola componente (tecnologica, ad esempio) e su un solo comparto (il trattamento, ad es.) ma è necessario avere una visione complessiva del sistema di approvvigionamento (dalla fonte al consumo finale) e un approccio integrato tra competenze (tecnica, gestionale, ecc.).

### Bibliografia

- [1] WHO, Guidelines for drinking water quality. Fourth edition, WHO, Geneva 2011.
- [2] <http://www.un.org/millenniumgoals/environ.shtml>
- [3] Sorlini S., Pedrazzani R., Palazzini D., Collivignarelli M.C. (2013): Drinking water quality change from catchment to consumer in the rural community of Patar (Senegal). *Water Quality, Exposure and Health*, 5(2), 75-83. doi: 10.1007/s12403-013-0089-z
- [4] Sorlini S., Palazzini D., Mbawala A., Ngassoum M.B., Collivignarelli M.C. (2013): Is drinking water

from 'improved sources' really safe? a case study in the Logone valley (Chad-Cameroon). *Journal of Water and Health*, 11.4, 748-761; doi: 10.2166/wh.2013.017.

[5] JMP (2015): Progress on sanitation and drinking water. 2015 Update and MDGs assessment. UNICEF&WHO.

[6] <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>

[7] Report of the Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, WHO, Geneva and UNICEF, New York 2010a.

[8] <http://www.sodis.ch>

[9] <http://www.potpaz.org/pfpfilters.htm>.

[10] WHO, "Guidelines for Drinking-water Quality. Vol. 1, 3rd ed." (2004) World Health Organization, Geneva;

[11] WHO & UNICEF, Technical Task Force Meeting on Monitoring Drinking water Quality, Report of the Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, Villié-Morgon 2010b.

# Small-scale agricultural groundwater water supply solutions: an appropriate technology for a climate smart agriculture

*Domenico Vito [domenico.vito@polimi.it](mailto:domenico.vito@polimi.it),  
Politecnico di Milano, Milano*

## **Riassunto**

*Energia e acqua sono due elementi chiave per l'agricoltura e la loro gestione è fondamentale per l'attività agricola su piccola scala. Inoltre le difficoltà di approvvigionamento di energia elettrica e la scarsità di acqua sono elementi che peggiorano la situazione degli agricoltori in diversi contesti nei paesi in via di sviluppo, anche in condizioni critiche a causa del progressivo cambiamento climatico.*

*L'irrigazione su piccola scala, e la fornitura di energia solare off-grid rappresentano una soluzione opportunistica, ma sostenibile per far fronte alla mancanza di accesso all'acqua e all'energia per gli agricoltori di piccola scala.*

*La radiazione solare tende ad essere più intensa quando la necessità di acqua pompata è massima e la fornitura di energia è disponibile al punto di utilizzo, rendendo l'agricoltore indipendente da forniture di carburante fossile o linee di trasmissione elettrica.*

*Questo lavoro propone uno studio su un sistema di pompaggio solare (SPS) per migliorare la fornitura di acqua in su piccola scala in un contesto agricolo.*

*Il sistema di pompaggio solare (SPS) sarà proposto come alternativa alle pompe a mano: esso è composto da un modulo solare, una pompa d'acqua, un sistema di storage, e un impianto di fitodepurazione condotta in tre fasi.*

*In quanto si basa su energia solare, SPS rappresenta un sistema climate-smart per far fronte ai problemi di mancanza di risorse energetiche e idriche agli agricoltori.*

*L'uso di tale tipo di sistema potrebbe avere diversi punti di forza, ma non è esente da limitazioni. Questi punti saranno opportunamente analizzati e discussi in questo lavoro.*

## **Summary**

*Energy and water are two key elements in agriculture and their management is crucial for small-scale farming activities. Furthermore difficulties in the electricity supply and to the shortage of water worsen farmers' situation in several situations in developing countries, even in critical conditions due to the progressive climate change.*

*Hence, small-scale irrigation by for off-grid solar power represent an opportunistic but sustainable and appropriate solution to cope with the lacking access to water and energy by farmers.*

*Solar radiation tends to be at its most intense when the need for pumped water is greatest and the energy supply is available at the point of use, making the farmer independent of fuel supplies or electrical transmission lines.*

*This work propose a study on a solar pumping system to improve water provision in small-scale agricultural context.*

*Solar pumping systems (SPSs) will be proposed as alternative to the hand pumps: they are composed by a solar module, a water pump, a storage system, and a pipeline three-staged phytodepuration plant.*

*As it is based on solar energy the SPSs represents a climate-smart system to cope to the problems of lack of energy and water resources for farmers.*

*The use of such kind of system could have several point of strength but will be even free from limitations. This point will be properly analyzed and discussed, in this paper.*

## **1. Introduction**

Agriculture in developing countries must undergo a significant transformation in order to meet the related challenges of achieving food security and responding to climate change.

At the same time, climate change threatens production's stability and productivity.

In many areas of the world where agricultural productivity is already low and the means of coping with adverse events are limited, climate change is expected to reduce productivity to even lower levels and make production more erratic[1]

Smallholder farmers, including livestock keepers, fishers and foresters, especially women and indigenous peoples, are the most vulnerable to climate change.

Climate change is estimated to have already reduced global yields of maize and wheat by 3.8% and 5.5% respectively [2], and a dramatic decreases in crop productivity should increase if temperatures exceed critical physiological thresholds.

To enable people to achieve food security and for food producers to improve their livelihoods, there is a need for sustainable increases in agricultural productivity; for all food systems to be more resilient and able to adapt to climate change.

A way to reach this goal is to develop new management techniques through the adoption of new technologies, that helps the agriculture system to adapt to the unpredictable and rapid change of conditions that affects the rural ecosystem and thus the productivity.

The introduction of such kind of elements stands in the view of the climate smart agriculture.

Climate-smart agriculture (CSA) may be defined as an approach for transforming and reorienting agricultural development under the new realities of climate change

Climate-smart agriculture (CSA) may be defined as an approach for transforming and reorienting agricultural development under the new realities of climate change[3].

Energy and water are two key elements in agriculture and their management is crucial for small-scale farming activities. The provision of these two resources, is important to sustain farmers work, and a CSA approach should determine an improvement in the management of this two resources.

This work propose a concept and a discussion on a solar pumping system (SPSs) to improve water provision for small scale farming activities.

## **2. Solar Pumping System**

Access to water for irrigation is key asset for many small scale farmers in order to sustain their livelihoods and food security. Provide such irrigation system is still extremely challenging in that remote places where there are still no electricity supply.

In this conditions, farmer usually resort to diesel-based or hand-based pumping systems.

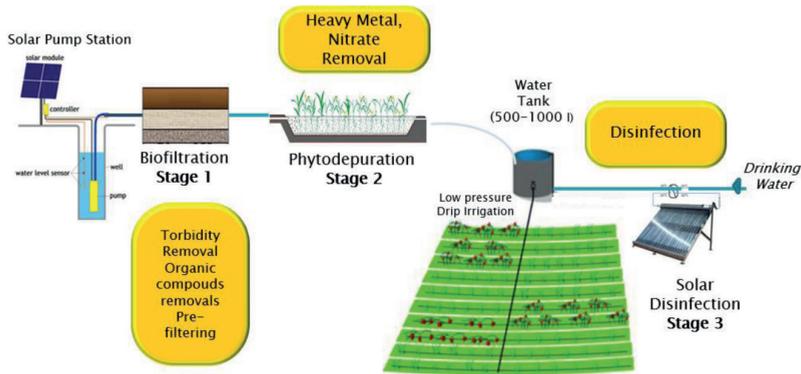
These system are often characterized by high operating cost, and often contribute to high emissions of GHG. Solar technologies could provide an effective alternative to provide energy for irrigation water supply. Furthermore solar energy represent a clean and sustainable solution that represents both an appropriate and climate smart technology to provide water for a small scale farming[6].

In particular, solar pumping could be considered a reasonable alternative to diesel or hand pumps.

Thanks to low operating costs and unsurpassed reliability, solar pumps have become an attractive solution for small and medium scale water supplies in remote areas.

For this reason, a solar pumping system (SPS) will be proposed in this work as a climate smart solution for small scale irrigation in regions with high-solar-insulation, given its environmental advantages, low maintenance and increasingly low investment cost.

As depicted in Figure 1, the proposed system is composed by a solar module, a water pump, a storage system of 500 to 1000 l capacity and a pipelined three staged phytodepuration plant.



**Fig. 1 – Solar Pumping System Structure**

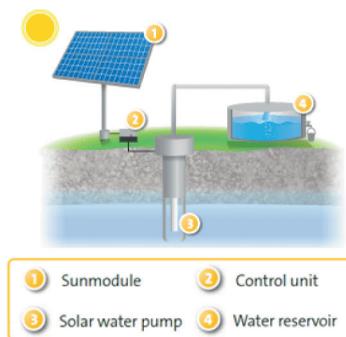
The system as it is should allow a low pressure drip irrigation systems[7].

In the following paragraphs the technical details of the single components of the system will be exposed in order to furnish a deep understanding of each part of the SPS and their rationale.

### 2.1 Solar Pumping System

There is a natural relation between the availability of solar power and water requirement. The water requirement grows during periods of hot weather when the sun shines most brightly and the output of the solar array is at a maximum, whereas the water requirement will decrease in the season when the weather is cool and the sunlight is less intense.

The water can be pumped during the day and be stored in a tank (Figure 2).



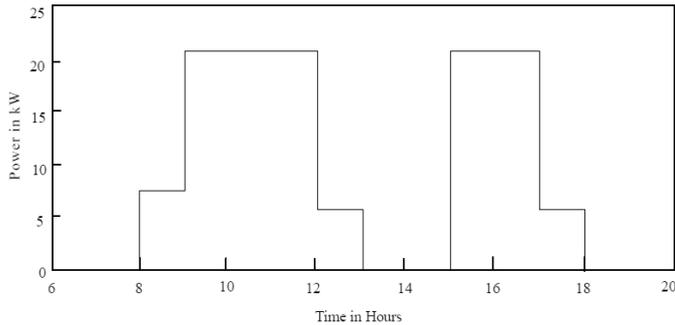
**Fig. 2 – Solar Module Structure**

Water is then available at night and during cloudy periods.

Photovoltaic pumping systems could be welcome alternative to grid power supply based water pumping systems or hand pumps. One of the main feature, that makes them particularly challenging is that they provide the most water precisely when it is needed the most that is when the sun shines the brightest [7](Figure 3).

Thus, solar panels can be coupled to water drainage devices in order to furnish water according the daily pump load and the sunlight availability.

As sunlight availably highly depend on weather conditions this solution represent an interesting application of the climate smart principle (Figure 3) to a technological device.



**Fig. 3 – Daily load cycle for a water pumping station[8]**

The ultimate criterion for choosing the right solar panel module is to obtain the most “cost-effective” systems. This is particularly true in the contest of small farming, where the economical conditions are not always good.

According to Shinde V. B., Wandre S.S [8] here it’s proposed for small-scale context a 50-watt photovoltaic solar panel coupled with a 12-volt pump.

Such system can move 1,300 to 2,600 L/h.and requires an average investment of 3.75-4,70 \$ per pump.

## 2.2. Three stages water remediation

Even if groundwater is generally less susceptible to contamination compared to surface water (soil filtration several rural contests, such as in developing countries its quality water is not always ensured.

This is true in emerging and developing countries[9], and even if the purposes of the use of water are other than drinking, is important to ensure for irrigation facilities a certain level of water remediation.

Figure 1, depicts a possible solution associated to solar water pumps.

A three-stage remediation plant for the small scale water treatment is associated to solar pumps.

The plant is composed by first two stages that treat water between the water pump and the tanks that are:

1. biofiltration stage, for turbidity removal, organic compounds removals and pre-filtering
2. phytoremediation stage, to remove heavy metal and nitrates

The last remediation stage is solar disinfection. This additional stage is over the water tank and provides the possibility to furnish drinking water over the irrigation purposes.

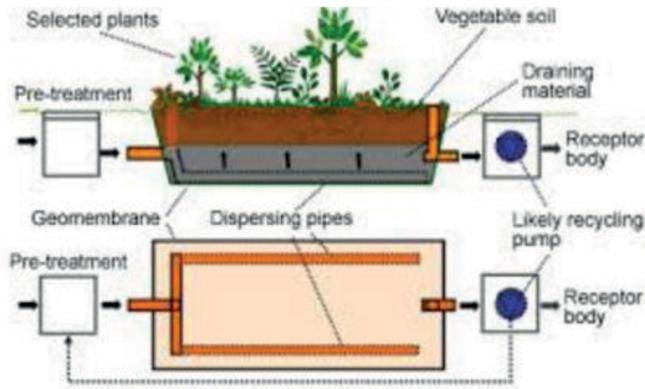
### 2.3. Phytoremediation as climate smart strategy

Phytoremediation, also referred as botanical bioremediation, involves the use of green plants to decontaminate soils, water and air. It is an emerging technology that can be applied to both organic and inorganic pollutants present in the soil, water or air.

Phytoremediation represents an innovative method for the disposal of wastewater.

It exploits the natural ability of some plants to absorb and or degrade toxic substances and contaminants to the environment, for the presence of a rhizosphere microflora, which is able to metabolize and make them available for their growth[11].

For each class of contaminants is necessary to discriminate which of the phytoremediation techniques currently known it's the best suited to be adopted.



**Fig. 4** – Daily load cycle for a water pumping station[8]

Figure 4 shows a typical phytoremediation station: it comprises a pre-treatment stage, the phytoremediation bed and finally the receptor body

The phytoremediation solution can be considered a climate smart solution.

As the main remediation body is made by plants, that are sensitive to environmental changes, it can be argued that stands fully as a climate smart strategy.

It can be easily implemented at a small scale due to the portability of the plant and easiness of installation.

For these reasons, phytoremediation has been chosen as an effective strategy in the design of the SPS system.

### 2.4. SPS advantage/limits evaluation

Table 1 shows an evaluation of the advantages and disadvantages of the SPS solution proposed

| Advantages  | Limits  |
|---|---|
| <p><b>Low maintenance requirements</b> (3 to 5 years)</p> <p><b>Good quality and reliability</b></p> <p><b>Simple to install</b></p> <p><b>Self-starting</b> (minimal attention)</p> <p><b>Clean solutions</b> with no danger of borehole contamination.</p> <p><b>Low operating cost</b> (VS) diesel pumps</p> <p><b>Harmonious with nature:</b> it advantage maximum water output when it is most needed, that is, in hot and dry months</p> <p><b>Flexibility:</b> panels can be up to 20 m away from the well</p> | <p><b>Low/variable yield:</b> water yield changes according to the sunlight.</p> <p><b>Theft:</b> Theft can be a problem in some areas. Precaution needed</p> |

**Table 1** – SPS Advantage/Limits analysis

As the table shows, the SPS system provides several advantages that stands in low maintenance requirement, good quality and reliably, low operating costs, great integration with the natural environment and high flexibility. It is a clean solution. The limits stands in high variability on the water supply and the possibility to be easily theft.

### 3. Conclusions

Here is presented an appropriate technology solution addressing small-farmers problem. The solution presents low costs of implementation and maintenance and low impact on environment, promoting the use of renewable energies for farming activities. The idea lies in the framework of a water-energy-agriculture nexus. Solar water pumps in combination with phytoremediation can be an interesting example of climate smart system for a sustainable and resilient agriculture at a small scale. Even if undoubtfull advantages are associated to the system, it has some limits that could be better analysed and improved.

### References

- [1] AA.VV. **Food and Agriculture Organisation of the United Nations**, 2010, “Climate-Smart Agriculture: Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation,” *“Climate-Smart” Agric. Policies, Pract. Financ. Food Secur. Adapt. Mitig.*, p. 49,
- [2] **Lobell, D.B., Schlenker, W.** 2011, & Costa-Roberts, J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333, 616–620
- [3] **Lipper, L. et al.**, 2014, Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 4(12), pp.1068–1072.
- [4] **Margolus, J. & Orr, C.**, *Appropriate Technology : Learning from One Another.*
- [5] **Panwar, N.L., Kaushik, S.C. & Kothari, S.** 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), pp.1513–1524
- [6] **Jamil, M.**, 2012. SPV based water pumping system for an academic institution. *American Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 1(1), p.1
- [7] **Smeal, D. et al.**, 2010. Low-Pressure Drip Irrigation for Small Plots and Urban Landscapes., pp.1–16.
- [8] **Campan B., Guidi D., & Best G.** 2000, Solar photovoltaics for sustainable agriculture and rural development., Environment and Natural Resources Working Paper No. 2 FAO, Rome pp. 1-76
- [9] **Shinde V. B., Wandre S.S.** 2015, Solar photovoltaic water pumping system for irrigation: A review. *African Journal of Agricultural Research*

- [10] **Kumar, M.D. & Shah, T.**, 2006. Groundwater Pollution and Contamination in India : The Emerging Challenge. *India Water Portal*, pp.1-6.
- [11] **Lydia F.** 2013, Phytodepuration process for the recycling of wastewater in diary 1st Annual International Interdisciplinary Conference, AIIC 2013, pp. 403-406
- [12] **Bhardwaj N.** 2013, Integrated system of phytodepuration for agro-industrial waste water –An eco friendly technology, *Recent Research in Science and Technology* 2013, 5(5), pp. 100-102
- [13] **Mukherjee S.** 2012, Examining Farmer Suicides in India: A Study of Literature, MPRA Paper No. 35675, pp. 1-25

# A preliminary assessment of environmental, economic and social impacts of e-waste management in Accra (Ghana)

*Fabiola Zambetti [f.zambetti001@unibs.it](mailto:f.zambetti001@unibs.it), Andrea Perteghella, Mentore Vaccari  
CeTAMb Lab (Research Laboratory on Appropriate Technologies for Environmental Management in resource-limited Countries) - University of Brescia (Italy)*

## Summary

*In the new global economy, managing waste electrical and electronic equipment (WEEE) has become a central subject. One of the possibilities for managing electrical and electronic equipment at the end of lifecycle is their repair and reuse. Reuse should assume priority over recycling according to the hierarchy of actions for the management of WEEE presented by the European Waste Directive 2008/98/EC. Besides, the EU WEEE Directive 2012/19/EU recognizes the importance of reuse and promotes it stating that 'where appropriate, priority should be given to preparing for re-use of WEEE and its components, sub-assemblies and consumables'.*

*WEEE repair and reuse is a common practice in Africa more than in Europe. This paper examines an environmental, economic and social comparison between two different real scenarios for e-waste treatment in Accra (Ghana): the first one deals with the recycling managed by informal groups, the second one is based on the repair and reuse managed by small formal companies. Furthermore, a third hypothetical scenario for the impact estimation of the formalized recycling option has been analysed.*

*The preliminary results revealed the importance of reuse activities for reducing all kinds of impacts and highlighted the necessity of formalization in the recycling scenario, especially for improving social impacts directly connected with workers life quality. The integrated analysis performed in Agbogbloshie will be useful to support the local Municipality decision making process, towards a more sustainable e-waste management scheme.*

## 1. Introduction

E-waste is a term used to cover all items of electrical and electronic equipment (EEE) and its parts that have been discarded by its owner as waste without the intent of reuse [1]. It is an emerging and fast-growing waste stream with complicated characteristics. The growing quantities of WEEE has created an important challenge to waste management in both developed and developing countries [2]. The composition of this waste stream includes toxics and resource potential and it varies significantly by product. This makes e-waste very difficult to manage. Moreover, rapid technology innovation and ever-shortening product lifespans are among the factors contributing to the growing amount of e-waste.

The intrinsic material value of global e-waste is estimated to be 48 billion euro in 2014. The material value is dominated by gold, copper and plastics contents. The annual supply of tox-

ins from e-waste is comprised of 2.2 Mt of lead glass, 0.3 Mt of batteries and 4 kilo tonnes (kt) of ozone-depleting substances (like CFCs) [2].

WEEE can be regarded as a resource of valuable metals and if these resources are not recovered, raw materials have to be extracted and processed to make new products, resulting in significant loss of resources and environmental damage necessitated by mining, manufacturing, transport and energy use [3]. Global WEEE management practices are various in different continents and countries and some developed countries have been accused of exporting their WEEE to developing countries in the name of bridging the so-called “digital divide”. Further, it has been alleged that in some cases, these exports have been attempts to get rid of toxic wastes by dumping them in developing countries [4].

Generally in developing countries the treatment is run in deplorable social and environmental conditions (for instance, backyard dismantling, wayside dumps and open burning of WEEE), but the informal collectors, dismantlers and recyclers in these countries are playing an increasingly greater role in the processing of WEEE [3].

## 2. Report

### 2.1. Data Collection Methods

The study is based on data collected in Accra with specific focus on Agbogbloshe, slum area where WEEE are processed and dumped. It covers an area of approximately 6 ha.

In January, February and March 2016 the analysis of e-waste informal management system in Agbogbloshe, was performed through meetings and semi structured interviews with key informants and selected players in the e-waste importation and recycling chain. In addition the authors carried out a literature review focused on e-waste management in Accra.

The data collected served as inputs to the environmental, economic and social analysis and contributed to an understanding of the diversity of arrangements within the e-waste treatment.

### 2.2. Data Elaboration Methods

The research is based on scenario analysis, a process of analysing possible future events by considering alternative possible outcomes, which presents consciously several alternative future developments. It is designed to support decision-making by allowing consideration of outcomes and their implications.

To evaluate and compare the different e-waste management scenarios the Integrated Assessment Scheme (IAS) was used, it is a new multi-dimensional tool developed by the authors [5] and based on an assessment procedure that takes into account the three dimensions representing the pillars of the sustainability concept: the economic, environmental and social dimensions.

### 2.3. Description of scenarios

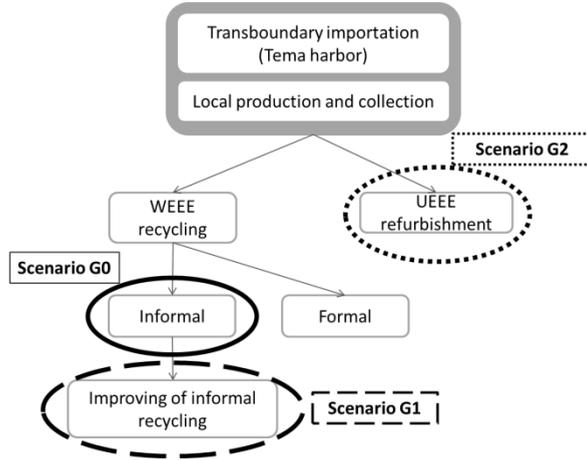
- *Scenario G0 (Informal Recycling)*: it reflects the current situation of informal e-waste treatment in the analyzed workshop. E-waste is informal treated by 5 workers in a scrapyards using basic tools like hammers and screwdrivers and work conditions are difficult, because there are not desks or any kind of personal protective equipment. One of the informal treatment consists in open burning of plastic coatings from electrical cable and wiring to extract metals, like copper.

- *Scenario G1 (First step of formalization)*: It is an estimated improvement of scenario G0 and it considers to substitute the open burning of cables for a simple technology, like a community cable shredder. In addition it takes into account social and environmental aspects. It contemplates a first phase of evolution from informal to formal management and it considers

to supply personal protective equipment to workers, to ban teenager labor and to guarantee minimum wage to employees

- *Scenario G2 (REfurbishment and REuse)*: it describes the present situation of electronic equipment reparation in the analyzed workshop. Second hand equipment are repaired by 5 workers in a small room equipped with 2 desks for repair operations. The refurbishment is carried out with simple tools like screwdrivers and soldering irons.

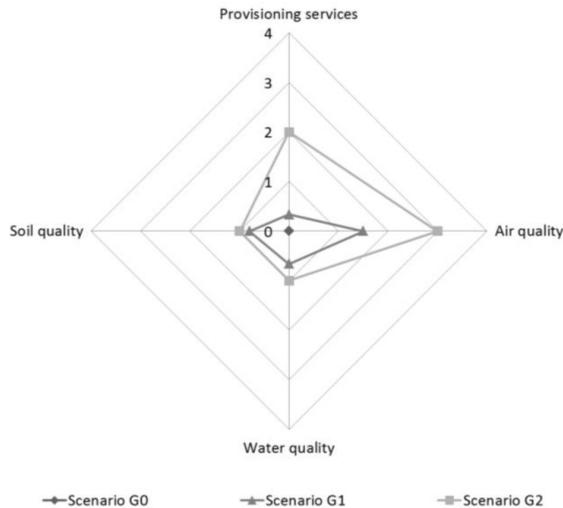
Figure 1 summarizes the three scenarios and it situates them in the e-waste management system in Accra.



**Figure 1 – Analysed scenarios**

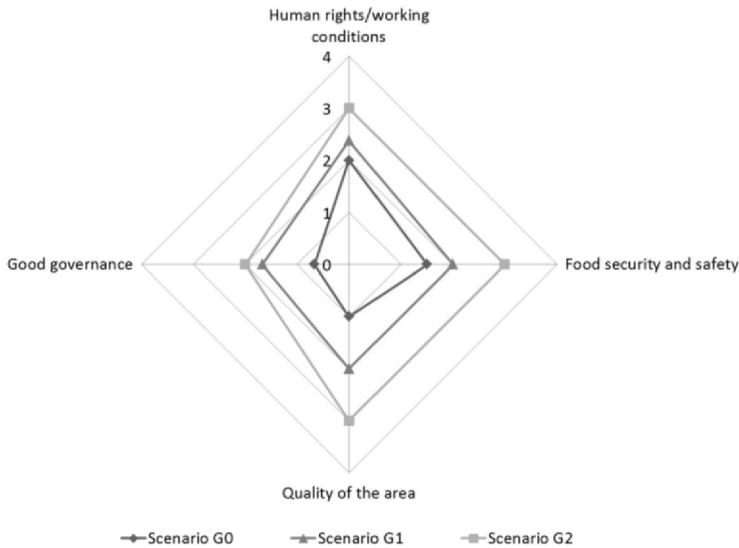
*2.4. Results*

First step of the evaluation was the rating of environmental indicators that composed the IAS for each scenario and the results can be found in Chart 1.



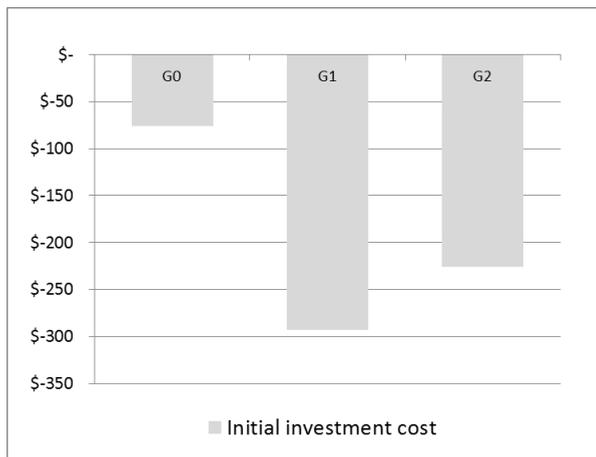
**Chart 1 – Environmental dimension assessment: the scenarios' comparison**

From this chart it can be seen that in the scenario G0 every indicator as a rate 0 and it means that it is the worst option, considering environmental point of view. Scenarios G1 and G2 are better than scenario G0, but they don't achieve a "passing grade", that is 2 points for every category. Second step was the social assessment and the results are represented in Chart 2:



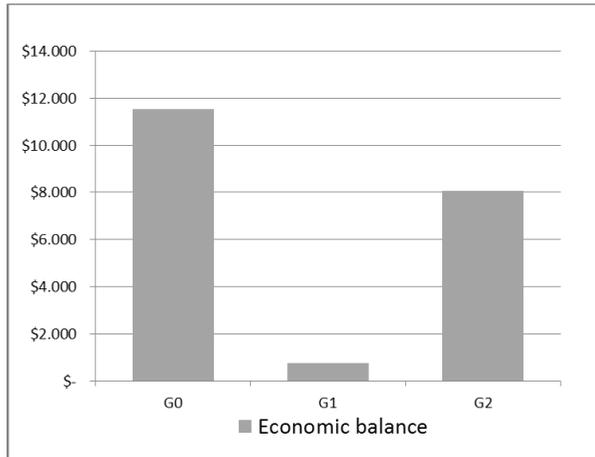
**Chart 2 – Social dimension assessment: the scenarios' comparison**

The best scenario is G2 also considering social aspects and scenario G1 has good scores too. Last step was the assessment of the economic impact. The current informal e-waste treatment (scenario G0) has minimum investment cost because dismantling activities are performed using basic tools in a scrapyards. Investment costs increase considering other scenarios, because they provide for purchase of different kind of machineries and equipment (cable shredder, personal protective equipment etc). The data generated by investment cost analysis is shown in Chart 3.



**Chart 3 – Investment cost analysis (dollar)**

In addition, overall economic balance was analysed and Chart 4 summarizes the results.



**Chart 4 – Economic balance (dollar/year)**

All scenarios shown a positive economic balance and it means revenue generation, but the profits are minimum in scenario G1 because it bans teenager labor and it guarantees minimum wage to employees.

### 3. Conclusion

Understanding how informal actors work in the waste sector is essential to the implementation of integrated waste management systems in the Global South [6]. In Agblobloshie (Accra - Ghana) from the research that has been performed, it is evident that the current treatment method is not sustainable considering environmental and social aspects.

The preliminary results revealed the importance of refurbishment and reuse activities, analyzed in scenario G2, for reducing all kinds of impacts and highlighted the necessity of formalization in the informal recycling scenario (G0), especially for improving social impacts directly connected with workers life quality.

On the basis of the findings presented in this preliminary paper, it could be necessary find a solution to finance the improvement and the formalization of the current situation G0 and it could be useful to carry out the improvements supposed in scenario (G1), such as substitution of the open burning of cables for a simple technology, like a community cable shredder. In addition it could be useful to supply personal protective equipment to workers, to ban teenager labor and to guarantee minimum wage to employees.

Clearly, further research will be needed to validate the data and the next stage of our research will be a more detailed analysis of current e-waste management treatment in Agboghloshie. In our future activities we intend to support the decision making process to the improvement of the e-waste management in the area presenting the final results of our assessment and supporting local stakeholders in the application of the most appropriate solutions.

### References

- [1] STEP, “White Paper - One Global definition of e-waste,” STEP Initiative, Bonn, 2014.
- [2] J. Baldé, “The global e-waste monitor 2014 - QUantities, flows and resources,” United Nations University, Bonn, 2015.

- [3] FO Ongondo, "How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes," *Waste management*, vol. 4, no. 31, pp. 714-730, 2011.
- [4] BAN, "The Digital Dump: Exporting High-Tech Re-use and Abuse to Africa.," 2005.
- [5] A. Perteghella, "Development of a multidimensional tool for municipal solid waste management in low and middle income countries," Roma, 2016.
- [6] H. Forbes R. McDougall, *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*, Oxford: Blackwell Science, 2001

# GLOBAL WATER EXPO

## ACQUE POTABILI: INQUINANTI EMERGENTI E PRIME APPLICAZIONI DI PIANI DI SICUREZZA

Il Piano di Sicurezza dell'Acqua (PSA) o *Water Safety Plan* (WSP) si delinea come un metodo innovativo per garantire la sicurezza dell'acqua nei sistemi di approvvigionamento idrici. Tale approccio si basa sulla valutazione e gestione del rischio di contaminazione dell'acqua in tutte le fasi della filiera idrica, dalla captazione al punto di consumo. L'obiettivo del PSA è quello di prevenire, o quantomeno minimizzare, la possibile contaminazione delle acque captate dall'ambiente e destinate al consumo umano, di eliminare o ridurre eventuali pericoli chimici, microbiologici, fisici e radiologici, e, infine, di prevenire eventuali ricontaminazioni in fase di stoccaggio e distribuzione dell'acqua fino al punto di utilizzo. Questo approccio, introdotto per la prima volta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel 2004, è stato recepito nella direttiva europea e verrà in futuro recepito in diversi Paesi Europei e in Italia. Il PSA è oggetto di attenzione da parte di numerosi gestori del servizio idrico in quanto strumento che può offrire ricadute operative e gestionali per la gestione del rischio connesso con la presenza di inquinanti nell'acqua distribuita. La sessione, organizzata dal Gruppo di Lavoro "Gestione impianti di depurazione", ha l'obiettivo di illustrare le modalità operative per l'applicazione del PSA, nonché le prime esperienze concrete di sviluppo e implementazione del PSA all'interno di sistemi di approvvigionamento idropotabile.

A cura di: **Gruppo di Lavoro "Gestione impianti di depurazione" dell'Università di Brescia**

**Presidente di sessione:**

-Carlo Collivignarelli, *Università degli Studi di Brescia*



# Applicazione del PSA al sistema idropotabile di Mortara (PV)

*Alessandro Abbà, [abba78@unipv.it](mailto:abba78@unipv.it), Università degli Studi di Pavia,  
Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr), Pavia*

## **Riassunto**

*L'approccio caratteristico di un Piano di Sicurezza dell'Acqua (PSA) si basa sulla valutazione e gestione del rischio di contaminazione dell'acqua in tutte le fasi della filiera idrica, dalla captazione al punto di consumo. L'obiettivo del PSA è quello di prevenire, o quantomeno minimizzare, la possibile contaminazione delle acque captate dall'ambiente e destinate al consumo umano, di eliminare o ridurre eventuali pericoli chimici, microbiologici, fisici e radiologici e, infine, di prevenire eventuali ricontaminazioni in fase di stoccaggio e distribuzione dell'acqua fino al punto di utilizzo.*

*Nel presente lavoro è riportato lo sviluppo del PSA per il sistema idrico della città di Mortara (PV). Il PSA è stato elaborato secondo le linee guida del WHO e dell'Istituto Superiore di Sanità.*

## **Summary**

*The characteristic approach of a Water Safety Plan (WSP) is based on the assessment and management of risk of water contamination at all stages of water supply chain, from capture to the point of consumption. The WSP goal is to eliminate or reduce any chemical, microbiological, physical and radiological danger and, finally, to prevent re-contamination during storage and distribution to the point of use.*

*This study concerns the development of WSP for the water supply system of Mortara city (PV). The WSP has been developed according to the WHO and National Institute of Health (ISS) guidelines.*

## **1. Introduzione**

La disponibilità di acqua in quantità sufficiente e con una qualità tale da garantire la salute delle persone rappresenta indiscutibilmente uno dei problemi più importanti che l'umanità si trova a dover affrontare. Nel mondo, una larga fetta di popolazione è esclusa dall'accesso ad un'acqua che rispetti pienamente i requisiti di fondamentali: quantità (volume d'acqua reso disponibile ai consumatori), qualità (conformità delle acque fornite ai requisiti di potabilità), continuità (fornitura d'acqua destinata al consumo umano nel tempo), copertura (popolazione servita da approvvigionamento idropotabile) e costo (oneri sostenuti dai consumatori per approvvigionamento idropotabile). Basti pensare che nel 2015, secondo dati WHO/UNICEF 663 milioni di persone non avevano accesso nemmeno a una fonte d'acqua "migliorata", ossia, una fonte di acqua che, per la natura della sua costruzione o mediante interventi attivi, è protetta da contaminazioni dall'esterno, in particolare dalla contaminazione fecale [1]. Se si considera, peraltro, che anche le cosiddette fonti migliorate possono distribuire acqua non sicura (sia dal punto di vista chimico che microbiologico) [2] e che la distribuzione di acqua sicura alla fonte non garantisce la qualità al punto d'uso [3] in quanto si può verificare una

contaminazione lungo la filiera di approvvigionamento (trasporto e stoccaggio), si può capire come la cifra sopra riportata sia da considerarsi in realtà sottostimata e che la quota di popolazione mondiale che utilizza per il consumo umano acqua a forte rischio di sicurezza qualitativa sia molto più elevata.

A fronte di questa situazione, nel 2004 il WHO [4] ha introdotto un approccio innovativo al problema della sicurezza dell'acqua attraverso l'istituzione del PSA (Piano di Sicurezza dell'Acqua). Esso è stato recentemente recepito dalla Direttiva Europea 2015/1787, la cui attuazione presso i paesi UE è prevista entro il 27 ottobre 2017.

L'approccio caratteristico di un PSA si basa sulla valutazione e gestione del rischio di contaminazione dell'acqua in tutte le fasi della filiera idrica, dalla captazione al punto di consumo; l'obiettivo del PSA è quello di prevenire, o quantomeno minimizzare, la possibile contaminazione delle acque captate dall'ambiente e destinate al consumo umano, di eliminare o ridurre eventuali pericoli chimici, microbiologici, fisici e radiologici ed, infine, di prevenire eventuali ricontaminazioni in fase di stoccaggio e distribuzione dell'acqua fino al punto di utilizzo.

Di fatto il PSA ridefinisce il modello del controllo dell'acqua potabile basato fino ad ora sulla sorveglianza di segmenti circoscritti del "sistema acquedotto" (prelievo - trattamento - distribuzione) e sul monitoraggio a campione dell'acqua distribuita in rete, trasformandolo in un "sistema globale di gestione del rischio esteso all'intera filiera idrica dalla captazione al punto di utenza finale".

Il presente studio riporta lo sviluppo del PSA per il sistema di approvvigionamento idrico di Mortara (PV). Il PSA è stato elaborato secondo le linee guida del WHO e dell'Istituto Superiore di Sanità [5, 6].

## 2. Relazione

### 2.1 Il sistema idropotabile di Mortara (PV)

Il sistema di fornitura di acqua potabile di Mortara è costituito da quattro impianti di potabilizzazione che trattano acqua di falda prelevata ad una profondità di circa 200 m. L'intero sistema idropotabile fornisce acqua a 15.500 abitanti.

I principali inquinanti da rimuovere sono: arsenico, ferro, manganese e ammoniaca.

Ciascun impianto è composto dai seguenti processi (Figura 1): pre-ossidazione con aria per l'ossidazione del ferro; biofiltrazione su sabbia mista a pirolusite per la rimozione dell'ammoniaca, l'ossidazione del manganese e dell'arsenico e la rimozione del ferro; dosaggio di  $\text{FeCl}_3$  per favorire la precipitazione di arsenico e manganese; filtrazione su sabbia mista a carbone attivo granulare (GAC) per trattenere i precipitati di ferro, manganese ed arsenico.

L'acqua proveniente dai quattro impianti viene inviata ad una rete di distribuzione interconnessa di lunghezza pari a 84 km circa.

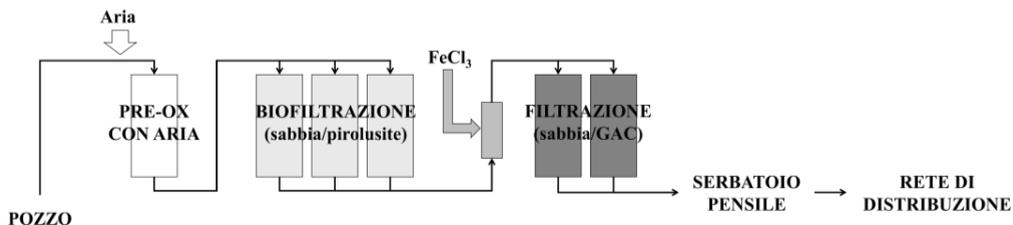


Fig. 1 – Schema impiantistico relativo agli impianti di potabilizzazione di Mortara.

## 2.2 Metodologia

Per l'elaborazione del PSA di Mortara, in accordo con le indicazioni del WHO e dell'ISS, sono state seguite le seguenti fasi:

- formazione di un team multidisciplinare;
- descrizione del sistema idropotabile;
- identificazione di tutti gli eventi pericolosi, pericoli e rischi associati;
- identificazione e validazione delle misure di controllo esistenti;
- rivalutazione dei rischi e definizione delle priorità d'azione;
- elaborazione di un piano di miglioramento per il controllo dei rischi;
- definizione di un piano di monitoraggio;
- definizione di un piano di verifica dell'efficacia del PSA;
- verifica delle procedure di gestione;
- sviluppo di programmi di supporto;
- pianificazione di periodiche revisioni del PSA.

Il sistema di approvvigionamento idrico è stato descritto attraverso l'effettuazione di sopralluoghi, l'analisi dei dati storici e gli sviluppi di diagrammi di flusso.

Per la valutazione del rischio è stato seguito un approccio semi-quantitativo basato sulla matrice di rischio riportata nella Tabella 1. Per ciascun pericolo, il rischio è stato calcolato moltiplicando il valore relativo alla probabilità di accadimento per quello riguardante la gravità delle conseguenze.

| Grado di probabilità (P)                      | Gravità delle conseguenze (G) |        |          |       |             |
|---|-------------------------------|--------|----------|-------|-------------|
|   | Insignificante                | Minore | Moderata | Grave | Molto grave |
| Raro<br>(es. 1 volta/5 anni)                  | 1                             | 2      | 3        | 4     | 5           |
| Improbabile<br>(es. 1 volta/anno)             | 2                             | 4      | 6        | 8     | 10          |
| Moderatamente probabile<br>(es. 1 volta/mese) | 3                             | 6      | 9        | 12    | 15          |
| Probabile<br>(es. 1 volta/settimana)          | 4                             | 8      | 12       | 16    | 20          |
| Quasi certo<br>(es. 1 volta/giorno)           | 5                             | 10     | 15       | 20    | 25          |

|                             |              |              |               |                    |
|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| Classificazione rischio (R) | < 6<br>Basso | 6-9<br>Medio | 10-15<br>Alto | > 15<br>Molto alto |
|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|

Tab. 1 – Matrice per la classificazione del rischio.

## 2.3 Risultati

Al fine di identificare tutti i potenziali eventi pericolosi ed i relativi pericoli (biologici, fisici e chimici) sono state presi in considerazione tutti i comparti del sistema idropotabile di Mortara; nella Tabella 2 è riportato un esempio del calcolo del rischio per alcuni comparti senza considerare le misure di controllo esistenti.

| Comparto                             | Evento pericoloso                         | Tipologia pericolo     | P | G | R  |            |
|--------------------------------------|---|------------------------|---|---|----|------------|
| Captazione                           | Malfunzionamento pompa                    | Chimico/microbiologico | 2 | 5 | 10 | Alto       |
| Precipitazione con FeCl <sub>3</sub> | Rottura pompa dosatrice                   | Chimico                | 2 | 4 | 8  | Medio      |
| Rete di distribuzione                | Erosione del biofilm adeso alla tubazione | Microbiologico         | 4 | 5 | 20 | Molto alto |

Tab. 2 – Valutazione del rischio senza le misure di controllo esistenti: stralcio.

Dopo l'identificazione e la validazione delle misure di controllo esistenti, è stato ricalcolato il rischio per ciascun comparto e per ogni pericolo associato all'evento pericoloso (Tabella 3). Si può osservare che, per quanto riguarda il comparto di captazione e quello relativo alla rete di distribuzione, le misure di controllo sono efficaci e fanno diminuire il rischio rispettivamente da "alto" e "molto alto" a "basso"; viceversa, le misure di controllo esistenti per la fase di precipitazione con FeCl<sub>3</sub>, sono parzialmente efficaci e non consentono di ridurre il livello di rischio.

| Comparto                             | Evento pericoloso                         | Tipologia pericolo     | R (senza misure di controllo) | Misura di controllo esistente   | V | P | G | R (con misure di controllo esistenti) |       |
|--------------------------------------|---|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|-------|
| Captazione                           | Malfunzionamento pompa                    | Chimico/microbiologico | Alto                          | Pompa di riserva                | E | 1 | 5 | 5                                     | Basso |
|                                      |   |                        |                               | Teleallarme                     | E |   |   |                                       |       |
|                                      |   |                        |                               | Ispezione periodica             | E |   |   |                                       |       |
| Precipitazione con FeCl <sub>3</sub> | Rottura pompa dosatrice                   | Chimico                | Medio                         | Ispezione periodica             | E | 2 | 4 | 8                                     | Medio |
|                                      |   |                        |                               | Revisione pompa                 | N |   |   |                                       |       |
| Rete di distribuzione                | Erosione del biofilm adeso alla tubazione | Microbiologico         | Molto alto                    | Rimozione periodica del biofilm | E | 1 | 5 | 5                                     | Basso |

V: validazione misura di controllo (E= efficace; N: non efficace)

Tab. 3 – Valutazione del rischio considerando le misure di controllo esistenti: stralcio.

Dopo la valutazione del rischio considerando le misure di controllo esistenti, è stato sviluppato un piano di miglioramento proponendo una serie di nuove misure di controllo allo scopo di ridurre i rischi di livello "medio", "alto" e "molto alto". Ad esempio, in merito al comparto di precipitazione con FeCl<sub>3</sub>, si potrebbe collegare la pompa dosatrice al teleallarme (per la segnalazione di eventuali guasti) e, periodicamente, effettuare Jar test a scala di laboratorio allo scopo di verificare l'efficacia del processo di precipitazione (Tabella 4).

| Comparto                             | Evento pericoloso       | Tipologia pericolo | Misura di controllo esistente | R (con misure di controllo esistenti) | Misure di controllo proposte           |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Precipitazione con FeCl <sub>3</sub> | Rottura pompa dosatrice | Chimico            | Ispezione periodica           | Medio                                 | Jar test                               |
|                                      |                         |                    | Revisione pompa               |                                       | Connessione della pompa al teleallarme |

Tab. 4 – Nuove misure di controllo da adottare: stralcio

In seguito alla proposta delle nuove misure di controllo, è stato redatto un piano di monitoraggio per stabilire ciò che verrà monitorato, con che modalità e frequenza e da chi; inoltre devono essere definiti i livelli critici e le relative azioni correttive da intraprendere nel caso siano superati (nella Tabella 5 è riportato un estratto di tale piano).

| Cosa                    | Dove                             | Quando      | Come      | Chi     | Limite critico           | Azioni correttive                         |
|-------------------------|----------------------------------|-------------|-----------|---------|--------------------------|---|
| Concentrazione di ferro | All'uscita del filtro sabbia/GAC | Mensilmente | Sul posto | Gestore | > 140 µg L <sup>-1</sup> | Ripristino del funzionamento del processo |

**Tab. 5** – Piano di monitoraggio: stralcio.

Dopo aver sviluppato il piano di monitoraggio, è stato proposto un piano di verifica. L'esempio mostrato nella Tabella 6 riguarda la verifica della qualità microbiologica dell'acqua nel sistema di distribuzione, al fine di garantire una maggior sicurezza dell'acqua all'utenza. Il Gestore dovrà quindi monitorare (con frequenza mensile) gli *E.Coli* in uscita dell'impianto di trattamento dell'acqua potabile e in diversi punti della rete di distribuzione dell'acqua.

| Cosa                            | Dove   | Quando      | Come      | Chi     |
|---------------------------------|--|-------------|-----------|---------|
| Concentrazione di <i>E.Coli</i> | All'uscita dell'impianto di potabilizzazione | Mensilmente | Sul posto | Gestore |

**Tab. 6** – Piano di verifica: stralcio

### 3. Conclusioni

Durante lo sviluppo del PSA per la città di Mortara è stato prodotto un documento discusso e condiviso con il Gestore del servizio idrico. Questo documento rappresenta un utile strumento sia dal punto di vista operativo che gestionale. Nel presente lavoro sono stati identificati e calcolati i rischi associati agli eventi pericolosi che si possono verificare. Sulla base del confronto con il Gestore sono stati identificati i punti critici del sistema di approvvigionamento idrico e sono state proposte misure di controllo per ottimizzare la gestione del rischio.

La redazione del PSA per la città di Mortara contribuirà a ridurre i rischi per la salute pubblica, garantendo una migliore conformità dei parametri di qualità dell'acqua con i requisiti normativi. Attualmente, il gestore si sta già muovendo per adottare alcune delle nuove misure di controllo proposte dal PSA.

### Bibliografia

- [1] Rondi L., Sorlini S., Collivignarelli M.C. (2015). Sustainability of Water Safety Plans Developed in Sub-Saharan Africa. *Sustainability*, 7(8), 11139-11159.
- [2] Sorlini S., Palazzini D., Mbawala A., Ngassoum M.B., Collivignarelli M.C. (2013a). Is drinking water from “improved sources” really safe? A case study in the Logone Valley (Chad-Cameroon). *Journal of Water and Health*, 11(4), 749-761.
- [3] Sorlini S., Pedrazzani R., Palazzini D., Collivignarelli M.C. (2013b). Drinking Water Quality Change from Catchment to Consumer in the Rural Community of Patar (Senegal). *Water Quality, Exposure and Health*, 5(2), 75-83.
- [4] WHO (2004). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Vol. 1, 3rd ed. World Health Organization, Geneva. ISBN 9241546387.

- [5] Lucentini L., Achene L., Fuscoletti V., Nigro Di Gregorio F., Pettine P. (2004). Linee guida per la valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano secondo il modello dei Water Safety Plans. Rapporti ISTISAN 14/21. Istituto Superiore di Sanità, Roma, 2014.
- [6] Bartram, J., Corrales, L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A., Stevens, M. (2009). Water Safety Plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization, Geneva. ISBN 9789241562638.

# Preliminary assessment for the development of a WSP for the drinking water supply system of Caprarola (VT)

*Michela Biasibetti*<sup>1,2</sup> [michela.biasibetti@unibs.it](mailto:michela.biasibetti@unibs.it), Sabrina Sorlini<sup>1</sup>, Luca Lucentini<sup>3</sup>, Emanuele Ferretti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DICATAM Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica - Università di Brescia, Brescia

<sup>2</sup>DICAr Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura - Università di Pavia, Pavia

<sup>3</sup>Istituto Superiore di Sanità, Roma

## **Riassunto**

*Il Piano di Sicurezza dell'Acqua (PSA) è un approccio innovativo introdotto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 2004 e dalla Commissione Europea nel 2015, finalizzato alla valutazione del rischio di contaminazione dell'acqua nei sistemi di approvvigionamento idropotabile, dalla captazione al punto di consumo, al fine di salvaguardare la salute umana. In questo studio, è stata sviluppata una proposta di PSA per il sistema di approvvigionamento idropotabile di Caprarola (VT, Italia) secondo le linee guida PSA dell'Istituto Superiore di Sanità di Roma.*

*Il PSA proposto per il sistema di approvvigionamento idropotabile di Caprarola ha l'obiettivo di ridurre i rischi per la salute pubblica, assicurare una migliore conformità dei parametri di qualità dell'acqua con i requisiti normativi, aumentare la fiducia dei consumatori e delle autorità comunali e migliorare la gestione delle risorse a seguito della pianificazione degli interventi.*

## **Summary**

*The Water Safety Plan (WSP) is an innovative approach introduced by the World Health Organization in 2004 and by the European Commission in 2015, aimed at assessing the risk of water contamination in drinking water supply systems, from catchment to consumer, in order to protect human health. In this study, a proposal of WSP for the drinking water supply system of Caprarola (VT, Italy) has been developed according to the WSP guidelines of the Italian National Institute of Health.*

*The WSP proposed for Caprarola drinking water supply system aims at reducing public health risks, ensuring a better compliance of water quality parameters with regulatory requirements, increasing confidence of consumers and municipal authorities, and improving the resource management due to the intervention planning.*

## **1. Introduction**

The Water Safety Plan (WSP) is a risk assessment and risk management approach focused on analyzing the risks of water contamination in a drinking water supply system (DWSS), from catchment to consumer, in order to protect human health. In 2004, the World Health Organization (WHO) introduced this approach in the guidelines for drinking water quality [1]. In 2009, the WHO published a manual that describes the step-by-step WSP procedure

[2]. Recently, the WSP has been included in the European Directive 2015/1787 concerning water quality intended for human consumption [3].

The WSP is based on three key components: system assessment, operational monitoring and management plans [1]. It is aimed at identifying and drastically reducing water contamination in the whole DWSS, through the identification and mitigation or, if possible, elimination of all factors that may cause a chemical, physical, microbiological and radiological risk for water. Moreover, the WSP allows the prevention of water re-contamination during storage and distribution [4,5].

This study shows a proposal of WSP development for the DWSS of Caprarola (VT, Italy). The proposal was elaborated according to the WSP manual of the WHO and to the Italian Institute of Health guidelines on WSP [2,5]. The following steps were identified: establishment of the WSP team, description of the DWSS, identification of hazards and hazardous events and risk assessment, identification and validation of current control measures and risk reassessment, development of an improvement/upgrade plan and a verification plan, documentation of management procedures, development of supporting programs, and planning of WSP periodic review.

## 2. Report

### 2.1 Description of the drinking water supply system

Caprarola is a town of 5.600 inhabitants in the province of Viterbo (VT), in the center of Italy. Its drinking water treatment plant treats surface water from Vico Lake (average treated flow  $38 \text{ L s}^{-1}$ ) contaminated by arsenic, cyanobacteria and cyanotoxins. The plant is composed of sand filtration for cyanobacteria removal, granular activated carbon (GAC) adsorption for cyanotoxin removal, granular ferric oxide (GFO) adsorption for arsenic removal and disinfection with sodium hypochlorite.

The distribution network is about 13 km in length and presents 5 tanks. The main pipe materials of the distribution network are iron, polyethylene, fiber cement and cast iron.

### 2.2. Methods

The proposed WSP was elaborated according to the WHO guidelines and to the Italian Institute of Health guidelines [2,5]. The following steps were developed for the WSP elaboration:

- description of the DWSS;
- identification of hazardous events and related hazards and risk assessment;
- identification and validation of control measures, risk reassessment and prioritization;
- development of an improvement/upgrade plan;
- development of a monitoring plan;
- development of a verification plan;
- documentation of management procedures;
- development of supporting programs;
- planning of periodic WSP review.

The DWSS description was carried out by on-site field checking, historical data analysis, and flow diagram development. To assess the risk, the semi-quantitative risk matrix approach was applied, estimating the likelihood of occurrence of each hazard and evaluating the severity of consequences if the hazard occurred. The risk was calculated as the product of likelihood and severity of consequences (Table 1).

|                      |                |   | Severity/consequence       |              |                 |              |                     |
|----------------------|----------------|---|----------------------------|--------------|-----------------|--------------|---------------------|
|                      |                |   | Insignificant or no impact | Minor impact | Moderate impact | Major impact | Catastrophic impact |
|                      |                |   | 1                          | 2            | 3               | 4            | 5                   |
| Likelihood/frequency | Rare           | 1 | 1                          | 2            | 3               | 4            | 5                   |
|                      | Unlikely       | 2 | 2                          | 4            | 6               | 8            | 10                  |
|                      | Moderate       | 3 | 3                          | 6            | 9               | 12           | 15                  |
|                      | Likely         | 4 | 4                          | 8            | 12              | 16           | 20                  |
|                      | Almost certain | 5 | 5                          | 10           | 15              | 20           | 25                  |
| <b>Risk score</b>    |                |   | <6                         | 6-9          | 10-15           | >15          |                     |
| <b>Risk rating</b>   |                |   | Low                        | Medium       | High            | Very high    |                     |

**Tab. 1** – Semi-quantitative risk matrix approach

Current control measures were identified and validated, and risk was reassessed according to the semi-quantitative approach (Table 1).

### 2.3. Results

The DWSS was analyzed in order to identify all potential hazardous events and all related potential physical, biological, chemical or radiological hazards, associated with each step in the DWSS that could affect water safety (Table 2).

| Process step         | Hazardous event          | Hazard type        | L | S | R score | R rating (before considering controls) |
|----------------------|--------------------------|--------------------|---|---|---------|--|
| Catchment            | Cyanobacterial cells     | Microbial          | 3 | 5 | 15      | High                                   |
| Sand filtration      | High hydraulic load      | Microbial          | 3 | 5 | 15      | High                                   |
| GAC adsorption       | Exhausted carbon         | Microbial          | 5 | 5 | 25      | Very high                              |
| GFO adsorption       | Exhausted adsorbent      | Chemical           | 2 | 4 | 8       | Medium                                 |
| Disinfection         | High disinfectant dosage | Chemical           | 3 | 5 | 15      | High                                   |
| Distribution network | Vandalism at tanks       | Chemical/microbial | 1 | 5 | 5       | Low                                    |

L = likelihood; S = severity; R = risk

**Tab. 2** – Examples of risk assessment before considering current control measures

In this first risk assessment, 165 hazardous events and 179 hazards were identified. Once hazardous events and hazards were identified and ranked according to their likelihood and severity, the risks with low ratings were removed, in order to develop the subsequent steps of the procedure only for hazards with medium, high and very high ratings. Low ratings with catastrophic impact (severity rating 5) were also carried on. After this first cut-off, 158 hazardous events and 162 hazards were carried on, reducing them by 4% and 9% respectively, from the first risk assessment step.

Current control measures were identified and validated, and risk was reassessed for each hazardous event and hazard considered after the first cut-off (Table 3).

| Process step         | Hazardous event/<br>Hazard type | R rating  | Current control measure                              | V | L | S | R  | R rating |
|----------------------|---------------------------------|-----------|--|---|---|---|----|----------|
| Catchment            | Cyanobacterial cells/M          | High      | Discharge control in lake                            | E | 3 | 5 | 15 | High     |
|                      |                                 |           | Downstream treatments                                | N |   |   |    |          |
| Sand filtration      | High hydraulic load/M           | High      | Inspections  | E | 3 | 5 | 15 | High     |
|                      |                                 |           | Downstream GAC and GFO filters                       | N |   |   |    |          |
| GAC adsorption       | Exhausted carbon/M              | Very high | GAC column tests                                     | E | 3 | 5 | 15 | High     |
|                      |                                 |           | Inspections  | E |   |   |    |          |
|                      |                                 |           | Downstream GFO filters                               | E |   |   |    |          |
|                      |                                 |           | Downstream disinfection                              | N |   |   |    |          |
| GFO adsorption       | Exhausted adsorbent/C           | Medium    | Periodic GFO substitution                            | E | 1 | 4 | 4  | Low      |
| Disinfection         | High disinfectant dosage/C      | High      | HCl and NaClO dosing systems linked with redox meter | E | 1 | 5 | 5  | Low      |
|                      |                                 |           | pH meter linked with redox meter                     | E |   |   |    |          |
|                      |                                 |           | Residual chlorine meter downstream                   | E |   |   |    |          |
| Distribution network | Vandalism at tanks/C,M          | Low       | In situ inspection                                   | E | 1 | 5 | 5  | Low      |
|                      |                                 |           | Alarms   | N |   |   |    |          |

C = chemical; M = microbial; V = validation; E = effective; N = not effective; L = likelihood; S = severity; R = risk

**Tab. 3** – Examples of risk assessment after considering current control measures

Again, the WSP team removed the risks with low ratings, in order to develop the subsequent steps of the procedure only for hazards with medium, high and very high ratings. After this second cut-off, 96 hazardous events and 100 hazards were carried on, reducing them by 39% and 38% respectively, with respect to the second risk assessment step.

After risk assessment, an improvement/upgrade plan was developed. New control measures were identified to reduce risks with medium, high and very high rating, for each hazardous event and hazard considered after the second cut-off. An example of a proposed measure is the installation of a coagulation treatment stage upstream the current sand filtration, in order to improve the cyanobacteria cell removal.

After identifying new control measures, a monitoring plan was developed, establishing what will be monitored, how it will be monitored, the frequency of monitoring, where it will be monitored and who will do the monitoring. Moreover, critical limits and related corrective actions were established. An extract of the monitoring plan is shown in Table 4.

| What  | Where/<br>When                           | How                 | Who                   | Critical<br>limit             | Corrective<br>action            |
|---|--|---------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Cyanobacteria concentration                     | At the catchment/Daily                   | Cyanobacteria probe | Water utility manager | > 25000 cell mL <sup>-1</sup> | Automatic microsieve activation |
| Arsenic concentration                           | At the outlet of GFO filters/<br>Monthly | On site             | Water utility manager | > 10 µg L <sup>-1</sup>       | Process functionality restoring |
| Installation of windows that avoid animal entry | At the tanks/<br>Once                    | On site             | Water utility manager | Not adequate installation     | Appropriate installation        |

**Tab. 4** – Example of monitoring plan

After creating the monitoring plan, a verification plan was developed, establishing what will be verified, how it will be verified, the frequency of verification, where it will be verified and who will do the verification. An extract of the verification plan is shown in Table 5.

| What                         | Where/When  | How     | Who                   |
|------------------------------|---|---------|-----------------------|
| Cyanotoxin concentration     | At the outlet of GAC filters/<br>Monthly                | On site | Water utility manager |
| <i>E. Coli</i> concentration | At the outlet of drinking water treatment plant/Monthly | On site | Water utility manager |
| Remote control link          | At the plant and in distribution network/Annually       | On site | Water utility manager |

**Tab. 5** – Example of verification plan

### 3. Conclusions

The WSP of Caprarola DWSS is a proposal document discussed and shared with the water utility manager that represents an important tool for the manager, from the operational and management perspective. Moreover, risks never occurred in the DWSS were evaluated and specific risk management procedures were developed. The critical points of the DWSS were identified and control measures were proposed to improve water quality.

Overall, many benefits could be brought by the WSP elaboration in Caprarola DWSS. In particular, the WSP could contribute to reduce public health risks, ensure a better compliance of the water quality parameters with regulatory requirements, increase confidence of consumers, and improve the resource management due to the intervention planning.

### Acknowledgements

The authors wish to thank the town of Caprarola, the Italian National Institute of Health and all the technicians for collaborating during the WSP development.

### References

- [1] WHO, “Guidelines for Drinking-water Quality. Vol. 1, 3rd ed.” (2004) World Health Organization, Geneva;
- [2] Bartram J., Corrales L., Davison A., Deere D., Drury D., Gordon B., Howard G., Rinehold A., Stevens M., “Water Safety Plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers” (2009) World Health Organization, Geneva;
- [3] Commission Directive (EU) 2015/1787 of 6 October 2015 amending Annexes II and III to Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption;

[4] **Davison A., Howard G., Stevens M., Callan P., Fewtrell L., Deere D., Bartram J.**, “Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer” (2005) World Health Organization, Geneva;

[5] **Lucentini L., Achene L., Fuscoletti V., Nigro Di Gregorio F., Pettine P.**, “Guideline for risk assessment and management within the drinking water chain according to Water Safety Plans” (2014) Istituto Superiore di Sanità Roma, Rapporti ISTISAN 14/21 (in Italian).

# Piano di salvaguardia del ciclo idrico integrato: alcuni esempi di applicazione per acque di falda

*Andrea Capriati [acapriati@golder.it](mailto:acapriati@golder.it), Valerio Sassù, Pierluigi Bison, Golder Associates S.r.l., Roma, Giulio Farinelli, Giovanni Di Bello, Giulia Costa, Renato Gavasci  
Laboratorio di Ingegneria Ambientale, DICII, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Roma*

## **Riassunto**

*Il Piano di Sicurezza dell'Acqua ("PSA o WSP"), introdotto dall'Organizzazione Mondiale della Salute ("OMS") nel 2004, ha lo scopo di garantire la salvaguardia di un sistema di approvvigionamento idrico, dalla captazione fino alla distribuzione al consumatore. Il precedente approccio era focalizzato sulla verifica di conformità del prodotto finito (D.Lgs. 31/01). Con l'introduzione del PSA, si sposta invece l'attenzione verso la realizzazione di un sistema globale di valutazione e gestione del rischio che copra l'intera filiera idrica (OMS). Il Piano di Sicurezza Igienico-sanitario ("PSI o SSP"), complementa il PSA, costituendo insieme ad esso, il Piano di Salvaguardia del ciclo idrico integrato. A riguardo, in collaborazione con l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", sono state svolte alcune prove sperimentali per individuare una procedura di rimozione di ferrobatteri e boro dalle acque di falda, che rappresentano esempi di problematiche da affrontare e risolvere nell'ambito dello sviluppo di un PSA.*

## **Summary**

*The Water Safety Plan ("WSP"), introduced by World Health Organization ("WHO") in 2004, aims to guarantee the safety of water systems, from supply up to final distribution to consumers. The previous approach was focused on checking the compliance of water quality at the outlet of distribution systems (Legislative Decree 31/01). With the introduction of the WSP, focus has been shifted to the carrying out of a Global Risk Assessment and Management System, that can be applied to the whole water system (from supply up to final distribution, WHO). The Sanitation Safety Plan ("SSP"), completes the WSP, representing together with it the Integrated Water Cycle Safety Plan ("IWCSP"). In this framework, in collaboration with the University of Rome "Tor Vergata", an experimental study was carried out to identify a procedure to remove iron bacteria and boron from groundwater, which represent issues to face and solve during the development of a WSP.*

## **1. Introduzione**

La Direttiva 98/83/CE, recepita in Italia con il D.Lgs. 31/01, ha introdotto i requisiti minimi per le acque potabili col fine di salvaguardare la salute umana.

Successivamente, con la Direttiva 2000/60/CE, Direttiva Quadro sulle acque, l'Unione Europea ha definito un approccio integrato per la salvaguardia del ciclo idrico, imponendo il raggiungimento di determinati standard ambientali per i corpi idrici. In Italia, tale direttiva, è stata recepita dal D.Lgs. 152/06.

Nell'ottica di tale approccio integrato si inserisce anche la Direttiva 2015/1787/UE, la quale richiede una valutazione globale del rischio verso la salute umana e l'ambiente da applicare alla filiera idrica potabile, sancendo di fatto l'obbligo per i gestori dell'approvvigionamento idrico potabile dell'adozione di un Piano di Sicurezza delle Acque ("PSA"), così come definito dall'OMS nel 2004 [1].

L'obbligo di adozione del PSA diverrà effettivo nel momento in cui anche l'Italia recepirà la Direttiva 2015/1787/UE e ciò dovrà avvenire entro 2 anni dalla entrata in vigore di tale Direttiva, ovvero entro il 27/10/2017. Le linee guida sul PSA dell'OMS sono state introdotte in Italia dall'Istituto Superiore di Sanità ("ISS") nel 2014 [2]. Il cambiamento principale introdotto dal PSA sarà quello di spostare l'attenzione dal controllo retrospettivo sulle acque distribuite alla prevenzione e gestione dei rischi nella filiera idropotabile.

Il Piano di Sicurezza Igienico-sanitario ("PSI") complementa il PSA costituendo, insieme ad esso, il Piano di Salvaguardia del ciclo idrico integrato. Il PSI ha lo scopo di considerare i possibili effetti negativi sulla salute umana derivanti dalla porzione di ciclo idrico costituita da: convogliamento, trattamento e scarico delle acque reflue nel corpo ricettore finale. In tal senso rappresenta un piano strategico per l'uso efficiente e sicuro della rete fognaria e dei sistemi di depurazione con gli obiettivi primari di evitare la contaminazione delle risorse idriche potabili per via diretta e/o indiretta (es. sversamenti diretti di liquame fognario o migrazione di contaminanti attraverso il suolo) e di ridurre l'impatto sulla salute umana (inalazione, ingestione, ...), sulla flora e fauna e sull'ambiente in generale.

Al fine di valutare l'applicabilità del PSA ad alcuni casi pratici che possono presentarsi nell'attività quotidiana di un gestore della filiera idrica potabile, in collaborazione con l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", sono state svolte alcune prove sperimentali, per individuare possibili modalità di gestione e/o trattamento di acque di emungimento da pozzi relativamente alla presenza di ferrobatteri e boro.

## 2. Relazione

### 2.1 Il Piano di Sicurezza dell'Acqua

Il PSA rappresenta un piano strategico di salvaguardia della risorsa idrica, dalla captazione alla distribuzione finale alle utenze.

Sulla base delle linee guida dell'ISS, la struttura di un PSA può essere di seguito riassunta:

– Fase 1 "Preparazione e pianificazione": in tale fase si definisce il gruppo di soggetti che dovrà partecipare alla stesura del PSA, individuando responsabilità e autorità. Il gruppo dovrà possedere adeguata competenza ed esperienza sul tema;

– Fase 2 "Valutazione del sistema e dei rischi": definito il gruppo di lavoro, si passa quindi alla descrizione del sistema idrico potabile, all'identificazione dei potenziali pericoli che si possano presentare lungo l'intera filiera idrica e alla relativa probabilità di accadimento. Successivamente si redige la matrice del rischio associando a ciascun potenziale pericolo precedentemente identificato anche un'entità del danno correlato all'eventuale accadimento. In questo modo, calcolati i valori dei rischi, sarà possibile definire una priorità di intervento in modo organico lungo tutta la filiera idrica. Infine si individueranno le azioni di monitoraggio e controllo per verificare l'attendibilità della matrice dei rischi e apportare, ove necessario, alcune modifiche in modo da giungere alla stesura definitiva;

– Fase 3 "Revisione del sistema per il controllo dei rischi": i rischi e la relativa priorità di intervento devono essere ricalcolati per tutto il sistema di gestione della filiera idrica, a valle delle azioni correttive, effettuando dei monitoraggi per valutarne l'efficacia, stabilendo delle procedure per la gestione dei vari aspetti individuati e, infine, fissando degli obiettivi di miglioramento;

– Fase 4 “Attività di supporto, revisione e comunicazione”: questa ultima fase, comune ai sistemi di gestione in genere, è necessaria per valutare il raggiungimento degli obiettivi prefissati e per stabilirne dei nuovi, nell’ottica del miglioramento continuo, così come introdotto dal ciclo di Deming, e di un approccio proattivo e non coattivo.

## 2.2 Rimozione di ferrobatteri da sistemi di emungimento di acque di falda

Il sistema utilizzato per estrarre l’acqua di falda consiste sostanzialmente in un filtro cilindrico di acciaio inossidabile o materiale plastico e in una pompa, la quale aspira l’acqua attraverso il filtro e la solleva fino a farla arrivare al sistema di distribuzione in superficie.

A volte il tempo di vita di questo sistema è limitato dalla deposizione, nell’area del filtro e nei tubi, di depositi color ocra. Questo processo di progressiva ostruzione può essere molto rapido, riducendo il flusso del pozzo al di sotto dei requisiti operazionali e di legge, trascorsi pochi mesi dall’installazione del sistema.

I fenomeni che principalmente anticipano la situazione estrema di non operabilità dei pozzi sono:

- Alterazione delle proprietà organolettiche dell’acqua che viene pompata in superficie (odore e sapore sgradevoli, colorazione marrone, ocra o ruggine);
- Diminuzione del flusso dal pozzo.

La causa di questo processo di bloccaggio è da ricercarsi nel processo di ossidazione del ferro:  $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{H}^+$  (1)

A valori di pH intorno alla neutralità si ha una spontanea precipitazione del  $\text{Fe}^{3+}$  prodotto in forma di idrossido.

In determinate condizioni ambientali entrano in gioco degli attori che possono cambiare sostanzialmente la cinetica del processo di ossidazione. Questi sono conosciuti in letteratura con il nome di Ferrobatteri o FeOB (iron oxidizing bacteria).

I FeOB sono così definiti poiché utilizzano l’energia di ossidazione del ferro nel passare dallo stato  $\text{Fe}^{2+}$  a quello  $\text{Fe}^{3+}$  per il proprio funzionamento metabolico.

I FeOB sono presenti nei sistemi quando acque anossiche contenenti  $\text{Fe}^{2+}$  sono areate o miscelate con acque ossigenate.

L’ossigenazione dell’acqua di falda può derivare da:

- Operazioni intermittenti della pompa centrifuga;
- Eccessiva oscillazione della superficie freatica;
- Miscelazione con acqua areata nel pozzo;
- Impiego di pompe pneumatiche.

Sebbene alcuni intasamenti possano essere attribuiti a processi fisici, la crescita biologica, l’accumulo di biomassa e di precipitati biogenici sono i maggior contributori degli intasamenti dei pozzi.

La causa di presenza eccessiva del  $\text{Fe}^{2+}$  nelle acque di falda è dovuta a un processo di riduzione del  $\text{Fe}^{3+}$  presente in forma insolubile nei terreni come ossido o idrossido (minerali quali ad es. ferridrite, maghemite, magnetite, lepidocrocite, ematite, goethite) per opera di altri batteri del ferro che prendono il nome di FeRB (iron reducing bacteria) che sono dei fondamentali catalizzatori nella geochimica del ferro.

I FeRB vivono in condizioni anaerobiche nella parte più profonda degli acquiferi e sono in grado di ottenere energia per la propria crescita, accoppiando il fenomeno di ossidazione della sostanza organica e/o dell’idrogeno molecolare con la riduzione del ferro.

Recenti studi hanno proprio associato l’attività di questi batteri alla biodegradazione dei contaminanti organici. Altro prodotto dell’attività di questi batteri è l’anidride carbonica che è successivamente utilizzata come substrato inorganico dai FeOB.

Pertanto la presenza di contaminazione organica negli acquiferi e la trasformazione del  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  ad opera dei FeRB causa, in determinate condizioni ambientali, lo sviluppo di colonie

di FeOB che possono provocare non pochi problemi operazionali nei sistemi di captazione delle acque sotterranee.

È stato verificato da numerosi studi che la velocità di ossidazione del ferro viene incrementata notevolmente quando acque ricche di ferro vengono inoculate con dei campioni di fanghiglia in cui sono presenti i FeOB (l'ossidazione "biologica" può contribuire per circa il 40-50 % della velocità netta della reazione).

I fattori che influenzano la crescita dei FeOB possono essere così riassunti [3], [4] e [5]:

- Concentrazioni di Fe e Mn (valori ottimali dell'ordine di qualche g/m<sup>3</sup>);
- pH (intervallo ottimale 5.4-7.2);
- Concentrazione di O<sub>2</sub> (valori ottimali compresi fra 0.16 e 0.32 g/m<sup>3</sup>);
- Temperatura (valori intorno ai 15-20°C);
- Presenza di CO<sub>2</sub> (essendo i batteri di tipo autotrofo).

Nel caso di presenza di FeOB in acqua di falda è stata applicata l'analisi di rischio che ha portato ai seguenti risultati:

- Grado di probabilità: 4 – Probabile (es. una volta a settimana);
- Gravità delle conseguenze: 4 – Grave (es. forte riduzione delle prestazioni dell'impianto) o 5 – Molto grave (es. blocco dell'impianto);
- Rischio: da 16 a 20 – Molto alto.

In collaborazione con l'Università di Roma «Tor Vergata» sono tutt'ora in corso di sperimentazione due possibili procedure di trattamento per portare a una riduzione del rischio sopra calcolato:

- Risolutiva, in caso di blocco impianto già avvenuto (lavaggio con acido debole a circuito chiuso dei pozzi e con acido cloridrico al 10% in peso per le condotte);
- Preventiva, per tentare di ridurre al minimo gli episodi di blocco impianto (lavaggio periodico con acido debole a circuito chiuso dei pozzi, in caso di pompe centrifughe, iniezione in linea di acido debole per portare il pH a valori tali da inibire lo sviluppo di biomassa e la precipitazione chimica; successivamente iniezioni in linea di flocculante e base per provocare la precipitazione degli ossidi, favorire l'aggregazione delle particelle e ripristinare il valore del pH a valori conformi per lo scarico; per ultimo uno stadio di chiarificazione, tramite il passaggio in sacchi drenanti, e quindi il rilancio all'impianto esistente).

A valle degli interventi appena descritti, è stata rieseguita l'analisi di rischio, che dovrebbe portare ai seguenti risultati, una volta standardizzati i processi:

- Grado di probabilità: 2 – Improbabile (es. una volta all'anno);
- Gravità delle conseguenze: 2 – Minore (es. impatto poco significativo);
- Rischio: 4 – Basso.

Si passerebbe dunque da Rischio 16-20 a Rischio 4.

### *2.3 Trattamento delle acque di falda contaminate da boro*

Il limite previsto dal D.Lgs. 31/01 per la concentrazione di boro nelle acque potabili è pari a 1 mg/L (Parte B Allegato 1).

Il boro a pH neutro è presente per lo più in forma indissociata (B(OH)<sub>3</sub>).

Le normali tecniche di rimozione (RO, membrane in genere), non rimuovono del tutto il boro a pH neutro (60-70%) ed è quindi necessario basicare il sistema.

A tal proposito si è cercato preventivamente in letteratura un metodo da testare che potesse essere a basso costo e sicuro per portare la concentrazione del boro al di sotto dei limiti di legge [6] e [7]. Il metodo selezionato è stato individuato nella precipitazione chimica con cloruro di magnesio (MgCl<sub>2</sub>).

Anche in questo caso, prima di effettuare test sperimentali, è stata applicata l'analisi di rischio per un'acqua di falda in cui è stata riscontrata la presenza di boro:

- Grado di probabilità: 5 – Quasi certo (es. una volta al giorno);
- Gravità delle conseguenze: 4 – Grave (es. tossicità per ingestione);
- Rischio: 20 – Molto alto.

In collaborazione con l'Università di Roma «Tor Vergata» sono stati quindi eseguiti dei test di precipitazione chimica del boro per valutarne la percorribilità economica e tecnica a scala reale.

Gli esperimenti sono stati condotti su 100 mL di soluzioni a differenti concentrazioni di boro e cloruro di magnesio con pH fissato a 11. È stata verificata l'efficienza di rimozione del boro mediante precipitazione di idrossido di magnesio a partire da aggiunte di cloruro di magnesio nell'acqua da trattare. In particolare è stata verificata tale efficienza per due diverse concentrazioni di boro (2.5 e 5 mg/L), stabilite facendo riferimento alle concentrazioni rilevate in un caso studio, testando anche diverse concentrazioni di cloruro di magnesio (1, 2.5, 5, 7.5, 10 e 100 g/L).

Sono state inoltre preparate e testate soluzioni di polielettroliti cationici a diversa polarità per agevolare la coagulazione del flocculato. I polielettroliti usati sono stati impiegati in ordine crescente di polarità. Sono state preparate soluzioni allo 0.2% in peso. Tali soluzioni sono state aggiunte alle soluzioni di boro, in modo tale che la concentrazione di polielettrolita fosse di 5 mg/L (concentrazione utile alla chiarificazione della soluzione).

Il polielettrolita più efficace è risultato essere quello a più alta polarità.

Nella Tabella 1 si riportano i risultati ottenuti dalla sperimentazione appena descritta. Per i risultati relativi alle prove condotte senza polielettrolita si può notare come dosaggi più alti di cloruro di magnesio abbiano portato a una maggiore rimozione del boro, particolarmente nel caso di concentrazioni iniziale maggiori di questo contaminante (5 mg/L). Per quanto concerne l'effetto dell'aggiunta del polielettrolita, confrontando i risultati ottenuti con un dosaggio di 7.5 mg/l di cloruro di magnesio, partendo da una soluzione contenente 2.5 mg/L di boro, si può osservare come l'aggiunta del polielettrolita abbia portato ad un incremento nell'efficienza di rimozione dal 10 al 60%, valore quasi sufficiente per raggiungere il limite di legge. Per garantire il raggiungimento del limite di legge (1 mg/L) dovrebbero essere impiegati valori di concentrazione iniziali di cloruro di magnesio maggiori o uguali a 10 mg/L e polielettrolita.

| Boro residuo (g/m <sup>3</sup> ) | Condizioni iniziali                                     | Polielettrolita       |
|----------------------------------|---|-----------------------|
| 0.14-1.14-1.16                   | B: 2.5 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 10.0 g/L  | Tipo 1                |
| 0.49-0.48-0.49                   | B: 2.5 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 100.0 g/L | Tipo 1                |
| 1.02                             | B: 2.5 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 7.5 g/L   | Tipo 2                |
| 0.60                             | B: 2.5 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 10.0 g/L  | Tipo 2                |
| 1.29                             | B: 5.0 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 7.5 g/L   | Tipo 2                |
| 1.28                             | B: 5.0 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 10.0 g/L  | Tipo 2                |
| 2.26                             | B: 2.5 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 7.5 g/L   | Senza polielettrolita |
| 2.19                             | B: 2.5 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 5.0 g/L   | Senza polielettrolita |
| 2.29                             | B: 2.5 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 2.5 g/L   | Senza polielettrolita |
| 2.90                             | B: 5.0 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 5.0 g/L   | Senza polielettrolita |
| 3.62                             | B: 5.0 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 2.5 g/L   | Senza polielettrolita |
| 4.02                             | B: 5.0 g/m <sup>3</sup> ; MgCl <sub>2</sub> : 1.0 g/L   | Senza polielettrolita |

\*1 g di MgCl<sub>2</sub> corrisponde approssimativamente a 1 g di fango chimico prodotto

**Tab.1** – Risultati ottenuti dalla sperimentazione per la precipitazione del boro con cloruro di magnesio\*

A valle dei test appena descritti è stata rieseguita l'analisi di rischio che dovrebbe portare ai seguenti risultati, una volta standardizzati i processi:

- Grado di probabilità: 5 – Quasi certo (es. una volta al giorno);
- Gravità delle conseguenze: 1 – Insignificante (es. senza impatto o con impatto insignificante);
- Rischio: 5 – Basso.

Si passerebbe dunque da Rischio 20 a Rischio 5. Da valutare comunque la reale percorribilità tecnico-economica della precipitazione chimica nelle condizioni sito-specifiche, visto l'elevato valore della produzione unitaria di fango.

### 3. Conclusioni

La Direttiva 2015/1787/UE ha introdotto il PSA, così come definito dall'OMS nel 2004, che di fatto diverrà obbligatorio in Italia per i gestori della filiera idrica potabile entro la fine dell'ottobre 2017.

Il cambiamento principale introdotto dal PSA sarà quello di spostare l'attenzione dal controllo retrospettivo sulle acque distribuite alla prevenzione e gestione dei rischi nella filiera idropotabile.

Il PSI complementa il PSA costituendo, insieme ad esso, il Piano di Salvaguardia del ciclo idrico integrato.

Al fine di valutare l'applicabilità del PSA ad alcuni casi pratici che possono presentarsi nell'attività quotidiana di un gestore della filiera idrica potabile, in collaborazione con l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", sono state svolte alcune prove sperimentali per individuare una procedura di rimozione di ferrobatteri e boro dalle acque di falda.

Per quanto riguarda i ferrobatteri sono in corso di sperimentazione due possibili procedure di trattamento:

- Risolutiva, in caso di blocco impianto già avvenuto (lavaggio con acido debole a circuito chiuso dei pozzi e con acido cloridrico al 10% in peso per le condotte);
- Preventiva, per tentare di ridurre al minimo gli episodi di blocco impianto.

Per quanto concerne il boro è stata invece testata la precipitazione chimica con cloruro di magnesio.

Per i risultati di entrambe le sperimentazioni si rimanda ai paragrafi dedicati.

### Bibliografia

- [1] OMS, *Guidelines for drinking water quality*, (2004);
- [2] Lucentini et al. (ISS), *Linee guida per la valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano secondo il modello dei Water Safety Plan*, (2014);
- [3] David E. Ralph, Judith M. Stevenson, *The role of bacteria in well clogging*, Water Resources, Vol. 29 No.1, 365-369, (1995);
- [4] D.R. Cullimore, *The Identification, Cultivation and Control of Iron Bacteria in Ground Water*, Aquatic Microbiology, (1978);
- [5] S. Houot, J. Berthelin, *Submicroscopic studies of iron deposits occurring in field drains: formation and evolution*, Geoderma, Vol. 52, 209-222, (1992);
- [6] D. Rodarte, R. S. Smith, *A comparison of methods for Boron removal from flowback and produced waters*, Water Treating Insights, (Oct. 2014);
- [7] P. Remy, H. Muhr, E. Plasari, I. Ouerdiane, *Removal of Boron from wastewater by precipitation of a sparingly soluble salt*, Environmental Progress, Vol. 24 No.1, 105-110, (Apr. 2005).

# Problematica relativa alla presenza di composti perfluoroalchilici (PFAS) nelle acque destinate al consumo umano prodotte dalla centrale acquedottistica di Madonna di Lonigo

*Massimo Carmagnani [massimo.carmagnani@acqueveronesi.it](mailto:massimo.carmagnani@acqueveronesi.it), Acque Veronesi.*

## **Riassunto**

*La falda acquifera di Almisano è tra le più grandi d'Europa, nel 2013 è risultata inquinata da composti perfluoroalchilici. Tale approvvigionamento idrico-potabile serve una notevole porzione di popolazione veneta ed interessa in particolare le città di Vicenza, Verona e Padova. I gestori del Servizio Idrico Integrato, prelevano quest'acqua per destinarla ai pubblici acquedotti. L'inquinamento ha messo in seria difficoltà l'approvvigionamento potabile della popolazione, poiché tali composti sono presenti in elevate concentrazioni e sono difficilmente trattabili dagli usuali impianti di potabilizzazione. La conseguenza è stata di un notevole sforzo, sia gestionale che economico, per garantire il rispetto dei limiti imposti in via provvisoria da parte degli enti di controllo. Sono state effettuate diverse attività per gestire l'emergenza nel breve e medio periodo ed è stata definita una soluzione per la risoluzione definitiva della problematica.*

## **Summary**

*The aquifer of Almisano is one of the largest in Europe, in the year 2013 was found to be polluted by perfluoroalkyl compounds. The drinking-water supply serves a significant portion of the population of Veneto, which includes the cities of Vicenza, Verona and Padova. The managers of water services, use this water to direct it to the public water systems. The pollution has put in serious difficulties the drinking supply of the population, because these compounds are present in high concentrations and are difficult to treat by conventional water treatment plants. The consequence is that a large operational and economic difficulties, not to exceed the limits set by the institutional bodies. Many actions have been carried out to manage the emergency in the short and medium term. Finally, a solution has been defined for the ultimate resolution of the problem.*

## **1. Introduzione**

Acque Veronesi s.c.a r.l. è una società consortile a capitale interamente pubblico a cui hanno aderito 77 Comuni dell'Ambito Territoriale Ottimale Veronese. Nell'ambito di gestione Acque Veronesi si occupa della conduzione della centrale acquedottistica di Lonigo, il cui attingimento delle acque destinate ai pubblici acquedotti avviene dalla falda acquifera di Almisano, che è risultata inquinata da PFAS. Tale centrale soddisfa il fabbisogno idrico-potabile di 14 Comuni attualmente allacciati ed in gestione diretta (Veronese), consegna inoltre risorsa

idrica ad altre 3 Società di gestione del Servizio Idrico Integrato (Vicentino e Padovano). Tale impianto risulta quindi essere d'importanza strategica per l'approvvigionamento idrico della popolazione e non vi è possibilità alcuna di approvvigionare i cittadini in altro modo in tempi brevi per tali ingenti portate.

## 2. Caratterizzazione degli inquinanti

I PFAS sono un gruppo di composti di sintesi classificati come inquinanti chimici emergenti, sono composti dotati di elevata persistenza nell'ambiente e possono essere trasportati a distanza dall'acqua. Si precisa che tali composti non sono presenti nella normativa nazionale relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano (D.Lgs31/2001). Nel mese di Luglio 2013, il laboratorio aziendale di Acque Veronesi, in accordo con ARPAV, stila la metodica d'analisi e l'elenco dei composti (Tabella 1) ricercabili con le conoscenze e le tecnologie a disposizione.

| Acronimo     | Nome                        | Formula  | Acronimo      | Nome                           | Formula  |
|--------------|-----------------------------|--|---------------|--------------------------------|--|
| <b>PFBA</b>  | Acido Perfluoro-butanoico   | C <sub>4</sub> HF <sub>7</sub> O <sub>2</sub>  | <b>PFDeA</b>  | Acido Perfluoro-n-decanoico    | C <sub>10</sub> HF <sub>19</sub> O <sub>2</sub>  |
| <b>PFPeA</b> | Acido Perfluoro-pentanoico  | C <sub>5</sub> HF <sub>9</sub> O <sub>2</sub>  | <b>PFUnDA</b> | Acido Perfluoro-n-undecanoico  | C <sub>11</sub> HF <sub>21</sub> O <sub>2</sub>  |
| <b>PFHxA</b> | Acido Perfluoro-n-esanoico  | C <sub>6</sub> HF <sub>11</sub> O <sub>2</sub> | <b>PFDoDA</b> | Acido Perfluoro-dodecanoico    | C <sub>12</sub> HF <sub>23</sub> O <sub>2</sub>  |
| <b>PFHpA</b> | Acido Perfluoro-n-eptanoico | C <sub>7</sub> HF <sub>13</sub> O <sub>2</sub> | <b>PFBS</b>   | Acido Perfluoro-butansolfonico | C <sub>4</sub> HF <sub>9</sub> O <sub>3</sub> S  |
| <b>PFOA</b>  | Acido Perfluoro-ottanoico   | C <sub>8</sub> HF <sub>15</sub> O <sub>2</sub> | <b>PFHxS</b>  | Acido Perfluoro-esansolfonico  | C <sub>6</sub> HF <sub>13</sub> O <sub>3</sub> S |
| <b>PFNA</b>  | Acido Perfluoro-n-nonanoico | C <sub>9</sub> HF <sub>17</sub> O <sub>2</sub> | <b>PFOS</b>   | Acido Perfluoro-ottansolfonico | C <sub>8</sub> HF <sub>17</sub> O <sub>3</sub> S |

Tab. 1 – Elenco dei composti analizzati.

## 3. Limiti di riferimento

Dal mese di Luglio 2013 a Febbraio 2014, in assenza di altre indicazioni, Acque Veronesi in accordo con ULSS20 di Verona, adotta per le acque potabili i limiti di legge presenti nella normativa ambientale tedesca che corrispondono a PFOA+PFOS<500 [ng/L]. In Febbraio 2014, viene trasmesso il parere dell'Istituto Superiore di Sanità in cui si definiscono i limiti di performance (obiettivo) da applicare per la distribuzione delle acque potabili e da valutare su base statistica, essi sono: PFOA<500 [ng/L], PFOS<30 [ng/L], "Altri PFAS"<500 [ng/L] (Il livello definito per "Altri PFAS" è riferito alla somma delle concentrazioni dei singoli PFAS - diversi da PFOA e PFOS).

## 4. Popolazioni coinvolte

Dai dati aggiornati al 2015, si evince che la popolazione in gestione diretta conta circa 57.000 abitanti serviti, con una media di allaccio del 73%. È stata ricostruita la filiera idro-potabile interessata dalla problematica, aggregando i dati degli altri Gestori per l'anno 2013 e si contano circa 123.000 abitanti serviti dalla sola centrale di Madonna di Lonigo, con una percentuale di allaccio del 87%. La centrale in esame approvvigiona il 78% della totalità del bacino d'utenza interessato dalla problematica PFAS.

## 5. Definizione della centrale acquedottistica

### 5.1. Falda acquifera, approvvigionamento e logica di funzionamento della centrale

L'alimentazione idrica della centrale avviene tramite 6 pozzi, la falda da cui si emunge è di tipo artesiano ed i pozzi hanno portata e prevalenza spontanea. Dalle indagini idrogeologiche si evince che le finestrature dei pozzi sono poste in acquifero confinato. La portata massima emungibile è ad oggi pari a circa 550 [L/s], le portate dei pozzi sono convogliate in unica adduttrice. La centrale ha subito nel triennio 2014-16 un potenziamento per adattarla alla pro-

blematica emersa; originalmente essa presentava una logica di funzionamento che prevedeva la parziale potabilizzazione delle acque provenienti dai pozzi miscelando con acqua tal quale in unico serbatoio da 1.000 m<sup>3</sup>, in cui veniva anche applicata la disinfezione tramite Ipoclorito di Sodio. Mediamente negli anni circa il 50% veniva potabilizzato ed il rimanente accumulato nel serbatoio senza trattamento tranne la sola disinfezione, le acque così miscelate sono rese disponibili al comparto di pompaggio in rete di distribuzione. La linea di potabilizzazione era composta da 2 filtri rapidi in pressione a sabbia e 4 filtri in pressione a Carbone Attivo Granulare (GAC) in grado di trattare una portata di progetto pari a circa 200 [L/s] a fronte di un tempo di contatto nelle colonne di carbone (EBCT) di 10 minuti. L'impianto di potabilizzazione è stato edificato nel 2005 ed era progettato per abbattere Tri e Tetracloroetilene presenti al tempo nella falda di Almisano, la cui concentrazione attualmente è al di sotto dei limiti di legge. L'impianto ha emunto negli ultimi 3 anni gestionali mediamente 10.000.000 [m<sup>3</sup>/anno] di acqua, consegnando in media il 43,8% ad altri Gestori del Servizio Idrico Integrato.

### 5.2. Potenziamento della centrale

Per la risoluzione della fase di emergenza è stato redatto nel 2013 il progetto di ampliamento della centrale, potenziando sia il comparto di potabilizzazione che quello di accumulo. Sono stati installati altri 3 filtri rapidi a sabbia e 6 filtri GAC in aggiunta agli esistenti; il potenziamento del potabilizzatore permetterà di trattare la totalità delle acque provenienti dai pozzi, con una portata complessiva di 500 [L/s]. Parte del potenziamento verte inoltre nella messa in esercizio di un nuovo serbatoio, con volume 4.000 [m<sup>3</sup>] che integra quello esistente, ciò permetterà di avere maggiore disponibilità idrica prima dell'immissione in rete e conseguentemente sfruttare le opere di presa che mostrano un minore grado di inquinamento. L'importo complessivo è stato definito in € 2.800.000.

## 6. Risultati analitici

Per la gestione della problematica, si è provveduto ad implementare il piano di campionamenti della centrale per valutare in ogni fase del processo le concentrazioni dei singoli PFAS; in particolare con frequenza settimanale o mensile si provvede ad analizzare le acque nelle seguenti sezioni impiantistiche: singoli pozzi, miscela in ingresso alla centrale (Grafico 1, Grafico 2, Grafico 3), prese campione lungo i letti GAC, uscite dei 4 filtri GAC, uscita in rete di distribuzione (Grafico 1, Grafico 2, Grafico 3). Con il potenziamento della centrale si prevede di integrare ulteriormente il piano di campionamento inserendo i controlli anche nei nuovi filtri.

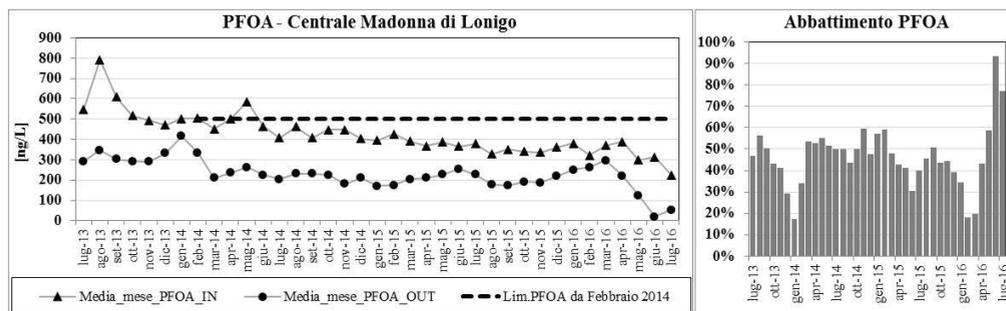
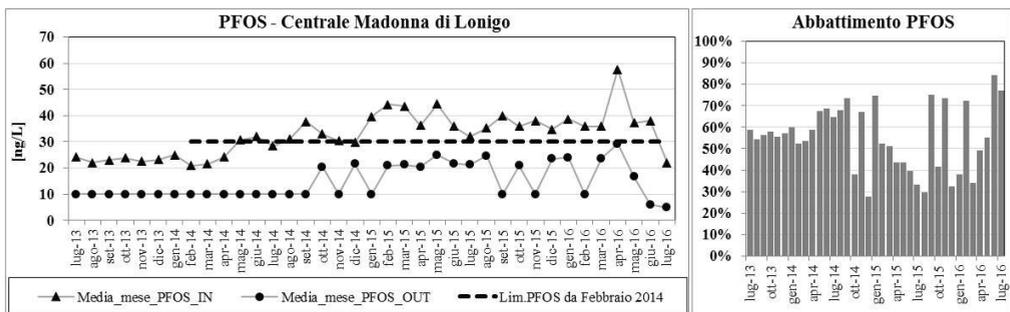
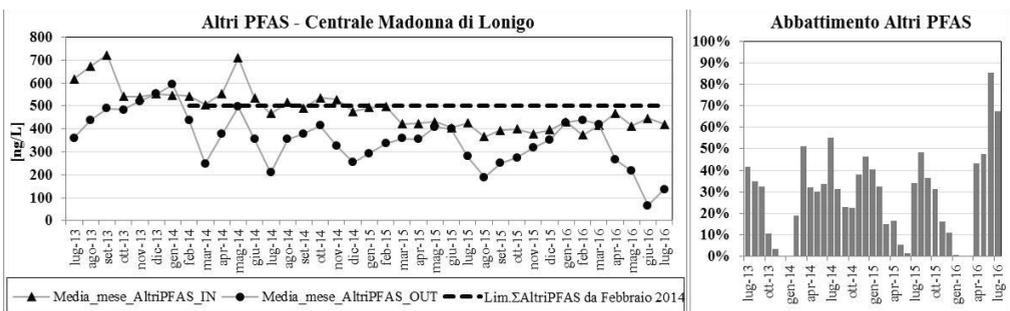


Grafico 1 – Concentrazioni ed abbattimenti medi mensili di PFOA.



**Grafico 2 – Concentrazioni ed abbattimenti medi mensili di PFOS.**



**Grafico 3 – Concentrazioni ed abbattimenti medi mensili di "Altri PFAS".**

Dall'analisi dei trend si evidenzia un lieve calo delle concentrazioni in ingresso impianto per il parametro PFOA (Grafico 1) e "Altri PFAS" (Grafico 3), mentre si registra un progressivo aumento per il parametro PFOS (Grafico 2). Alcune delle azioni svolte per le modifiche gestionali, hanno avuto la conseguenza di garantire la minor concentrazione possibile in ingresso alla centrale, mentre il completamento del potenziamento ha garantito un netto incremento delle percentuali di abbattimento della centrale nel suo complesso.

## 7. Gestione dell'emergenza

### 7.1. Azioni intraprese nel breve termine

Alla comparsa della problematica, è stato analizzato il sistema attuando diverse misure di contenimento. In primo luogo si è provveduto a definire le portate emungibili dai pozzi; inoltre sono state definite le aree approvvisionate dalla centrale e la popolazione annessa, è stato sostituito il GAC nei filtri con massa vergine di origine vegetale da noce di cocco altamente performante, è stato ridefinito il piano di campionamenti e a fronte delle prime analisi sulle concentrazioni nei singoli pozzi, è stata cambiata la logica di accensione delle pompe sommerse prediligendo il prelievo dai pozzi che presentano minor inquinamento.

### 7.2. Azioni intraprese nel medio termine

Nei mesi successivi, si è provveduto ad affinare la conoscenza relativa ai composti, definire l'impatto della problematica sulla gestione della centrale ed ampliare la strumentazione a disposizione del laboratorio. In particolare è stato definito il tempo in cui il carbone attivo riesce a trattenere i composti, sono stati calcolati i costi di gestione a fronte della problematica, sono

state effettuate sperimentazioni per la ricerca di tecniche di abbattimento alternative, è stata effettuata la modellazione matematica dell'intera centrale e si è provveduto a potenziare il pompaggio da uno dei pozzi meno inquinati. Fin dalle prime analisi relative all'abbattimento dei composti, tramite la definizione delle concentrazioni all'interno dei filtri GAC, si è potuto notare che il profilo di abbattimento dei PFAS, se raffrontato con gli usuali inquinanti di natura antropica presenti nelle falde acquifere (come fitofarmaci ed organoalogenati), è quello di un carbone in via di esaurimento, ciò comporta che l'usura del letto non avviene a livello stratigrafico come normalmente accade, ma tutto il letto reagisce per alcuni dei composti [1]. L'usura del letto come descritto, implica una veloce fuga di inquinanti dai filtri, che comporta necessariamente tempi brevi per la sostituzione delle masse. Dai calcoli effettuati si dimostra che i tempi di vita del carbone attivo sono diversi a seconda dei composti ed estremamente rapidi per alcuni di essi; per le condizioni al contorno che hanno caratterizzato la gestione negli ultimi tre anni, per abbattere il parametro PFOA si sono calcolati circa 240 giorni in cui il carbone attivo riesce ad abatterlo, mentre per il parametro PFBA il tempo medio in cui avviene la rimozione si attesta in circa 50 giorni. Ciò si traduce in 1 cambio completo dei carboni nel corso del 2013, 3 cambi nel corso del 2014 ed 1 nel 2015, per un totale di 5 cambi di carbone in meno di 3 anni.

## 8. Sperimentazioni

Visti i ridotti tempi di vita delle masse adsorbenti, in assenza di dati nella letteratura tecnica, sono state svolte diverse sperimentazioni per ricercare nuove tecniche di abbattimento e in prima analisi definire la tipologia di carbone più performante. Sono state scelte sperimentazioni che, nel caso di esito positivo, fossero il più possibile integrabili con l'impianto in gestione.

### 8.1. Diverse Tipologie di Carbone Attivo Granulare

Sono stati effettuati diversi test di abbattimento da parte di un'azienda produttrice di carbone, testando altre tipologie di carbone con matrici di origine diverse e con diversi indici specifici delle masse; da tali studi è emerso che il carbone attivo vegetale da noce di cocco è il più performante per abbattere tali composti.

### 8.2. Impianto pilota per il processo di ossidazione avanzata (AOP)

È stato installato un impianto pilota per verificare l'ossidazione dei composti tramite l'utilizzo della combinazione di Ozono con radiazioni UV. Si è verificato se il processo fosse in grado di rompere le catene fluorurate, tramite la formazione del radicale ossidrilico  $\text{OH}^\bullet$ . I vantaggi ipotizzati relativi a questa tecnica di potabilizzazione vertono principalmente sulla possibile rimozione diretta dei composti, l'assenza di rifiuti secondari del processo e la compatibilità con l'impianto esistente [1]. A sua volta gli svantaggi previsti riguardano la potenziale formazione di sottoprodotti non noti a priori sia nelle reazioni intermedie che nell'intero processo [1]. I risultati delle 9 singole prove effettuate variando i dosaggi di Ozono, risultano essere nulli. La sperimentazione dimostra quindi che tali composti non possono essere ossidati con le attuali conoscenze tecniche.

### 8.3. Utilizzo di Carbone Attivo in Polvere (PAC)

Si è provveduto a testare l'abbattimento dei PFAS tramite il carbone attivo in polvere (PAC) ipotizzando uno sviluppo impiantistico secondo la logica dell'abbattimento multi-barriera con le sezioni PAC-GAC in serie. Per l'esecuzione della sperimentazione sono state eseguite 68 prove di Jar Test, utilizzando diverse matrici di acqua grezza (miscela pozzi, pozzo più inquinato e acqua precedentemente trattata dai GAC). Si è inoltre provveduto a testare quattro distinte tipologie di carbone le cui principali differenze vertono sugli indici specifici di qualità, sono stati variati i dosaggi per la ricerca di quello ottimale e nelle prime prove per la coagu-

lazione sono stati utilizzati quattro reagenti (Cloruro Ferrico, Poliacrilammide, Bentonite e Policlorosolfato di Alluminio). Per permettere le reazioni e valutarne i risultati, sono stati variati i tempi di contatto, infine per simulare il ciclo di filtrazione a sabbia, ogni campione è stato filtrato a 0,45 [ $\mu\text{m}$ ] prima dell'analisi di laboratorio. La sperimentazione ha dato molti risultati utili per la letteratura tecnica e per affinare la conoscenza dei composti, ma nessun risultato è stato ottimale per permettere di potenziare l'impianto esistente inserendo tale comparto. È stato possibile calcolare la correlazione tra l'abbattimento dei composti ed il dosaggio di PAC con diversi tempi di contatto, dimostrando quali tipologie di PAC si sono rilevate più performanti e definendone il tempo di contatto ideale. Un aspetto verificato dalle sperimentazioni è relativo alla correlazione tra i pesi molecolari dei composti ed il loro abbattimento, si è dimostrato che i composti definiti a "catena lunga" con 8 ed oltre atomi di carbonio, vengono rimossi quasi completamente, mentre i composti a "catena corta" con 6 o meno atomi di carbonio sono difficilmente trattenuti. Alla luce dei risultati, si è provveduto ad effettuare ulteriori test per definire se in assenza di composti a "catena lunga" sia possibile abbattere quelli a "catena corta", si sono riscontrati risultati a tal proposito, infatti il PFBA presenta abbattimenti maggiori (massimo 20%) al decrescere del PFOA in ingresso, in definitiva l'abbattimento delle catene fluorurate corte cresce al decrescere della presenza di quelle lunghe.

## 9. Aspetti finanziari

È stato calcolato il costo di produzione dell'acqua e simulato il suo incremento a fronte della problematica emersa. Per le simulazioni dei costi senza l'emergenza PFAS non si considerano le seguenti voci di costo: acquisto di GAC, energia elettrica per il potabilizzatore, analisi di laboratorio per quantificare i PFAS ed il noleggio dell'impianto AOP. L'ipotesi di una spesa nulla relativa alla sostituzione delle masse adsorbenti è motivata dal fatto che nessuno dei parametri normati nel D.Lgs31/2001 sfora dai limiti di legge, ciò comporterebbe la possibilità di bypassare l'intero potabilizzatore e distribuire acqua con il solo trattamento di disinfezione. Dai calcoli si evince che l'incremento medio del costo di produzione negli ultimi 3 anni gestionali è pari a circa il 40%, in termini di indici specifici di settore relativi alla produzione rapportata al volume idrico prodotto, il valore ha subito un innalzamento da 0,044 €/m<sup>3</sup> PRODOTTO agli attuali 0,062 €/m<sup>3</sup> PRODOTTO. Sommando invece gli ultimi 3 anni di gestione per valutare nel complesso quanto ha speso Acque Veronesi per far fronte alla problematica, dai calcoli risulta un esborso di circa 615.000 € in 3 anni.

## 10. Prospettive a lungo termine

In merito alla risoluzione definitiva della problematica, con l'obiettivo di distribuire agli utenti acque prive di PFAS, è stato redatto e consegnato in Regione Veneto uno studio di fattibilità per l'approvvigionamento alternativo della centrale, permettendo quindi la dismissione di tutte le opere di presa presenti nella falda di Almisano. Lo studio verte nella revisione dei sistemi di adduzione integrando le esigenze di Acque Veronesi con quelle degli altri Gestori coinvolti nella problematica, s'intende revisionare ed integrare il Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto (MOSAV), alla luce del cambiamento delle condizioni al contorno. Per garantire una portata massima di 500 [L/s] a disposizione presso la centrale di Madonna di Lonigo, in prima analisi è stato ipotizzato di creare nuovi centri di produzione nelle falde acquifere presenti ad occidente della centrale, si è ipotizzato inoltre di interconnettere diversi sistemi acquedottistici per garantire la flessibilità del sistema. Dall'analisi storica effettuata sulla qualità delle acque nei Comuni ad ovest di Lonigo ed in gestione diretta ad Acque Veronesi, si è ipotizzato di prelevare la maggior parte della risorsa idrica dalla falda di Verona Est, Caldiero e Belfiore. L'importo complessivo delle opere per la sola componente di rete in gestione ad Acque Veronesi, si attende sui € 90.000.000.

## 11. Conclusioni

Nel triennio appena trascorso, Acque Veronesi ha attuato diverse misure di contenimento della problematica relativa ai PFAS, garantendo per l'impianto in gestione la minor concentrazione possibile dei composti in rete di distribuzione e quindi alle utenze civili ed industriali. Le azioni si sono rese necessarie per garantire la miglior qualità possibile di risorsa idrica presso la popolazione e al contempo garantire la continuità del servizio. Alla luce delle evidenze gestionali ed economiche, essendo ad oggi molto limitate le pubblicazioni scientifiche in tema PFAS, soprattutto per quanto riguarda la potabilizzazione delle acque destinate al consumo umano, Acque Veronesi ha ricercato alternative tramite sperimentazioni su scala di laboratorio e pilota. Tali sperimentazioni hanno fornito utili informazioni per la letteratura scientifica, ma nessun risultato utile per permettere l'investimento di ingenti somme per l'aggiornamento dell'impianto di potabilizzazione. Ad oggi infatti, per la realtà in gestione, l'utilizzo del carbone attivo granulare, seppur con i ridotti tempi di vita delle masse, è l'unica soluzione adottabile per quella che risulta essere una centrale acquedottistica strategica. Vista la natura dei composti che presentano tempi di dimezzamento in natura anche di diversi decenni per alcuni di essi e note le concentrazioni che stanno interessando la falda acquifera, la prospettiva dell'abbandono e sostituzione delle opere di presa ad oggi risulta essere l'unica attuabile ed applicabile per garantire la distribuzione di acque alla popolazione prive di PFAS. Gli investimenti che ne conseguono sono molto ingenti, ma l'assetto delle reti permetterà oltre che la risoluzione della problematica, anche una flessibilità dei sistemi di adduzione, per renderli flessibili nel caso in cui insorgano altre problematiche nelle aree interessate. La centrale di Madonna di Lonigo è destinata ad evolversi non più come centro di produzione, ma solo come centro di accumulo e distribuzione.

## Bibliografia

[1] Collivignarelli C., Sorlini S. "Potabilizzazione delle acque. Processi e Tecnologie".

# Contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS): interventi per il contenimento della diffusione dei contaminanti nell'acqua potabile

*Andrea Chiorboli, [chiorbolia@acquedelchiampospa.it](mailto:chiorbolia@acquedelchiampospa.it)*

*Acque del Chiampo S.p.A. – Servizio Idrico Integrato, Arzignano (VI)*

*Andrea Ceconato, [andreaceconato89@gmail.com](mailto:andreaceconato89@gmail.com),*

## **Riassunto**

*Nel maggio 2013 il Ministero della Salute ha segnalato una contaminazione delle acque superficiali e sotterranee dovuto a composti perfluoroalchilici (PFAS). I gestori del servizio idrico integrato, contestualmente alla segnalazione da parte della Regione Veneto, sotto il coordinamento delle autorità sanitarie, hanno messo in atto tutte le misure possibili volte al contenimento delle sostanze inquinanti nell'acqua potabile erogata dai pubblici acquedotti. Fra le migliori tecnologie disponibili (BAT) Acque del Chiampo ha ottenuto, fin da subito, buone prestazioni mediante il trattamento di filtrazione a carbone attivo granulare (GAC). L'evoluzione normativa futura e l'entità della contaminazione spingono il Gestore a sperimentare nuove soluzioni tecnologiche ed impiantistiche.*

## **Summary**

*In May 2013 the Ministry of Health was notified of the pollution of the surface waters and groundwaters contaminated by PFAS (Perfluorinated alkylated substances). When notified by the Regione Veneto (The regional government), the integrated urban water management, in coordination with the health authorities, carried out all the possible measures in order to keep down the polluting substances in the drinking water supplied by the public water supply systems. Among the best available technologies (BAT) Acque del Chiampo has immediately got good results thanks to the GAC (Granular Activated Carbon) filtering treatment. The new laws and the extent of the contamination urge the Management to experiment with new technological and plant-engineering solutions.*

## **1. Introduzione**

Contestualmente alla prima nota di segnalazione pervenuta nel giugno 2013, Acque del Chiampo, in via d'urgenza, ha installato due impianti di filtrazione a carbone attivo granulare (GAC) per i sistemi a maggior rischio di Brendola e Lonigo al fine di contenere la diffusione della contaminazione da sostanze PFAS<sup>1</sup> nelle acque potabili.

---

<sup>1</sup> PFAS (Composti perfluoroalchilici): PFBA (PerfluoroButyric Acid), PFPeA (PerfluoroPentanoic Acid), PFBS (PerfluoroButansulfonic Acid), PFHxA (PerfluoroHexanoic Acid), PFHpA (PerfluoroHeptanoic Acid), PFHxS (PerfluoroHexansulfonic Acid), PFOA (PerfluoroOctanoic Acid), PFNA (PerfluoroNonanoic Acid), PFDeA

L'inquinamento delle acque dovuto a PFAS è un problema di grande attualità, in particolare nel Veneto. Dagli studi condotti dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) il plume di contaminazione ricade su un'area di circa 150 Km<sup>2</sup> tra le province di Padova, Verona e Vicenza. I primi controlli effettuati dal Gestore nel luglio 2013 nei pozzi del comune di Brendola, hanno rilevato concentrazioni complessive di PFAS pari a 1422 ng/L, di cui 613 ng/L di PFOA e 20 ng/L di PFOS. Nel comune di Lonigo le concentrazioni complessive di PFAS risultavano pari a 1827 ng/L, di cui 785 ng/L di PFOA e 59 ng/L di PFOS.

Come spesso accade per i microinquinanti emergenti, le tecnologie efficaci per il trattamento delle acque contaminate da PFAS sono limitate. Tra le principali tecniche di rimozione che hanno dato risultati positivi a livello di impianto pilota in laboratorio si annoverano l'adsorbimento su carboni attivi, lo scambio ionico mediante resine e l'osmosi inversa. Non essendo disponibili sufficienti studi tossicologici su tutte le molecole perfluorate, il Ministero della Salute e l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), seguendo il principio di massima cautela, hanno definito dei *livelli di performance*<sup>2</sup> valutati in base statistica e alle prestazioni delle attuali tecnologie di rimozione: PFOA<sub>≤</sub> 500, PFOS<sub>≤</sub> 30, PFBA<sub>≤</sub> 500, PFBS<sub>≤</sub> 500, Somma PFAS<sup>3</sup> <sub>≤</sub> 500. Acque del Chiampo ha messo in esercizio gli impianti di filtrazione GAC di Brendola (Madonna dei Prati) e Lonigo (via Artigianato) rispettivamente il 20 agosto 2013 e il 21 marzo 2014. Nel periodo 2013-15, sono stati provati diversi tipi di carbone per definire delle correlazioni tra le caratteristiche chimico-fisiche del materiale adsorbente e le performance di rimozione rilevate. Il gestore opera per individuare le variabili ottimali (tempi di contatto, proprietà del GAC, etc) per garantire più a lungo possibile un elevato livello di efficienza dei filtri, con riferimento ai livelli di qualità imposti.

## 2. Relazione

### 2.1. Inquadramento idrogeologico e diffusione dei PFAS nelle acque sotterranee e superficiali<sup>4</sup>

La fascia di territorio, entro cui si è rilevata la presenza di contaminanti nelle acque di falda sotterranee, si inserisce nel quadro della vasta pianura padano veneta. Le dimensioni del fenomeno di contaminazione vanno inquadrare sulla "macroscala", comprendente le province di Padova, Vicenza e Verona (Fig. 1). Il territorio indagato insiste su materiali sciolti di età quaternaria depositatisi ad opera del sistema Chiampo – Agno-Guà, a formare un materasso alluvionale prevalentemente ghiaioso, circondato ad est dalle unità collinari prealpine dei Berici. Dal punto di vista idrogeologico, infatti, la situazione complessiva a livello regionale può essere schematizzata, da monte verso valle, nella successione di corpi idrici sotterranei: acquifero di subalveo, indifferenziato, multifalde in pressione, considerando che ognuno dei circuiti sopra citati, se pur con caratteristiche piezometriche o idrochimiche differenziate, è in connessione idraulica diretta con quelli adiacenti<sup>5</sup>. Le sezioni idrogeologiche mettono in evidenza la continuità tra gli acquiferi indifferenziati dell'area infravalliva di Trissino, dove insiste il sito produttivo della Miteni SpA (centro emissivo più importante della contaminazione) ed il sistema artesiano di Almisano a Lonigo.

---

(PerfluoroDecanoic Acid), PFOS (PerfluoroOctansulfonic Acid), PFUnA (PerfluoroUndecanoic Acid), PFDoA (PerfluoroDodecanoic Acid).

<sup>2</sup> Valori di performance (obiettivo), espressi in ng/L, indicati dal Ministero della Salute (29/01/2014) e ISS (11/08/2015).

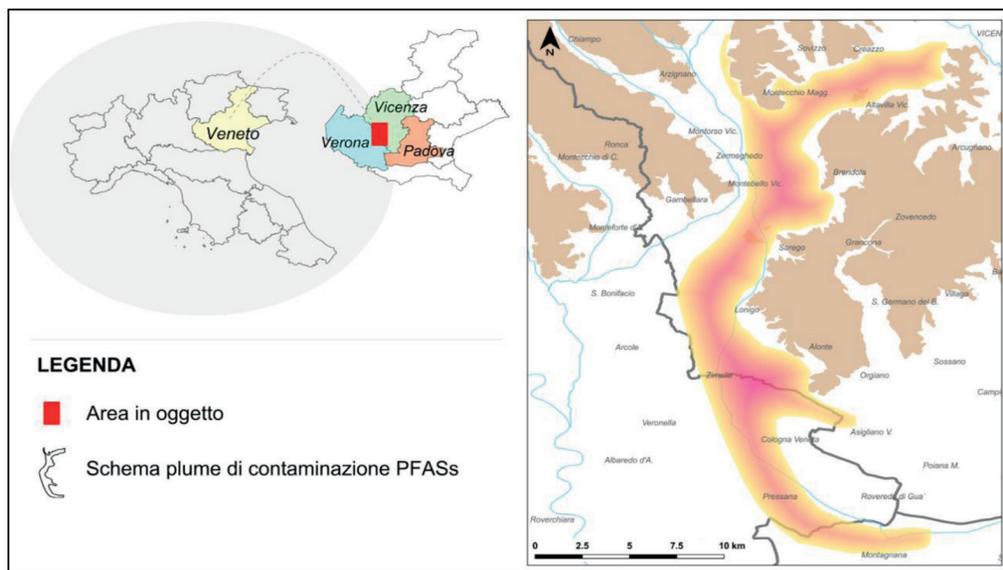
<sup>3</sup> da ricercare almeno i seguenti: PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFHpS, PFNA, PFDeA, PFUnA, PFDoA.

<sup>4</sup> Sinergeo - Sinergie geologiche per l'ambiente -VICENZA, [www.sinergeo.it](http://www.sinergeo.it).

<sup>5</sup> La situazione idrostrutturale è supportata da importanti studi sull'assetto geologico dell'area realizzati a cura del Servizio Geologico d'Italia (Antonelli R. et al., 1990-1995), ove è possibile osservare correlazioni litostratigrafiche entro l'intero dominio di analisi.

L'alimentazione delle falde è garantita nelle aree di ricarica soprattutto da 3 fattori, che costituiscono anche i vettori per la diffusione dei contaminanti:

- la dispersione in alveo dei corsi d'acqua nel tratto in cui attraversano l'alta pianura (falde di subalveo),
- l'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici che si verifica nella medesima fascia
- l'infiltrazione delle acque irrigue.



**Fig. 1** – Schema dell'ubicazione geografica del plume di contaminazione da composti perfluoroalchilici

Il plume di contaminazione in oggetto è stato studiato e delineato parzialmente solo in seguito al rinvenimento nel 1977, di una sostanza all'epoca non normata (riconducibile al gruppo dei composti organici dei *nitrofluoroderivati*)<sup>6</sup>. Sulla base di questo primo studio, si sono sviluppati i piani di indagine realizzati da ARPAV<sup>7</sup>.

## 2.2 Cosa sono i PFAS

Con il termine “Sostanze Perfluoroalchiliche” o PFAS, si indica una serie di sostanze antropogeniche costituite da uno scheletro perfluoroalchilico (tra i 4 e i 14 atomi di carbonio) e da un gruppo funzionale terminale (solfonico o carbossilico). Vengono prodotte mediante processi di telomerizzazione del tetrafluoroetilene o fluorurazione elettrochimica di substrati organici.

Dagli anni '60, inizio della loro produzione, hanno avuto un'ampia diffusione in molteplici applicazioni industriali e prodotti commerciali come: surfattanti, applicazioni mediche, trattamenti superficiali, schiume antincendio. Per oltre 40 anni, i PFAS sono stati considerati

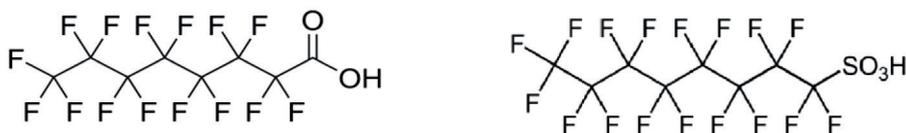
<sup>6</sup> La prima trattazione attinente risale al 1979 con lo studio IRSEV, redatto a seguito di un'indagine condotta nel periodo di novembre 1977-maggio 1979.

<sup>7</sup> ARPAV - Poster discusso nella *XII Conferenza del sistema nazionale per la protezione dell'ambiente, 2014, "Contaminazione diffusa da Sostanze Perfluoroalchiliche (PFAS) nel Veneto. Azioni di controllo integrato"*

<sup>8</sup> Prof. Lino Conte, Ing. Luigi Falletti, Ing. Alessandro Zaggia, *Rimozione di microinquinanti fluorurati con resine a scambio ionico e adsorbenti sintetici, Giornata Studio su "Il ciclo integrato dell'acqua. Normative, gestione, innovazioni tecnologiche", 20/11/14, Dip. di Ing. Industriale, Università di Padova.*

sostanze innocue, la loro inerzia chimica e stabilità ha portato a credere che non potessero interagire con il metabolismo umano.

Nella Dichiarazione di Madrid nel Maggio 2015, un gruppo di circa 200 scienziati ha sostenuto che l'impiego dei PFAS debba essere limitato maggiormente, in particolare l'utilizzo delle molecole a catena corta che negli ultimi anni sono state impiegate per rimpiazzare quelle a catena lunga (come PFOA e PFOS).



**Fig. 2** – Formule di struttura del PFOA e PFOS

### 2.3 Interventi di gestione del rischio

Contestualmente alla segnalazione della contaminazione avvenuta nel 2013, i gestori interessati hanno istituito un gruppo operativo di lavoro<sup>9</sup> con le seguenti finalità:

- coordinamento con Enti (Regione, ARPAV, ASL, Comuni, ISS, CNR, etc.);
- prime elaborazioni dati di concentrazioni PFAS rilevate negli approvvigionamenti;
- condivisione e valutazione dei dati sui rendimenti reali degli impianti GAC esistenti;
- coordinamento degli interventi urgenti e prioritari per il contenimento dei contaminanti (sui trattamenti di potabilizzazione in atto);
- sperimentazione di tecnologie alternative di abbattimento di PFAS;
- elaborazione e aggiornamento della cartografia GIS per il biomonitoraggio;
- masterplan interventi strutturali di interconnessione a livello regionale; ricerca di fonti di approvvigionamento alternative.

Azioni di analisi e contenimento svolte dai gestori:

- analisi dei sistemi di approvvigionamento adduzione, trattamento e distribuzione;
- installazione del carbone attivo granulare nei filtri;
- implementazione dei piani di campionamento (nel 2014 circa 40.000 composti della famiglia dei PFAS analizzati da Acque del Chiampo);
- creazione del modello idraulico della rete di adduzione e di distribuzione per la centrale di Lonigo.
- Sperimentazioni a carico dei gestori: ricerca di altre tipologie di carboni attivi granulari più performanti; utilizzo dell'ossidazione avanzata (a cura di Acque Veronesi); utilizzo di carbone attivo in polvere (a cura di Acque Veronesi); con Università di Padova utilizzo di resine a scambio ionico (a cura di Acque del Chiampo e Centro Veneto Servizi).

Per la rimozione dei PFAS sono stati installati dei filtri rapidi in pressione a carboni attivi, tre a Brendola e due a Lonigo. Le analisi sono svolte dal laboratorio interno di Acque del Chiampo, che ha messo a punto un metodo di analisi<sup>10</sup> per l'identificazione e quantificazione di vari tipi di PFAS. Lo strumento utilizzato è un HPLC-*ms* (*High Performance Liquid Chromatography*) con spettrometro di massa a triplo quadrupolo, acquistato e messo a punto appositamente per la gestione dell'emergenza.

A seguito del giudizio di non potabilità da parte dell'Unità Sanitaria Locale n. 5 (ai sensi della

<sup>9</sup> Nell'ambito del Consorzio Viveracqua Scarl, si sono coordinati i seguenti gestori: Acque del Chiampo, Acque Veronesi, Acque Vicentine e Centro Veneto Servizi.

<sup>10</sup> Massimo Fant, Diego Cracco, Alessandro Pellizzaro (Acque del Chiampo S.p.A.) – "Sviluppo e messa a punto di una metodica di determinazione di sostanze PFAS" Ed. LAB Il Mondo del Laboratorio, Gen.-Feb. 2015

Delibera Regionale n. 618/2014), l'acqua di diversi pozzi non è risultata idonea al consumo umano, interessando oltre 600 abitanti distribuiti nei comuni di Brendola e Lonigo. Per servire con il pubblico acquedotto tali zone, sono in corso i lavori di estensione di rete per oltre 12 km di condotte. In via transitoria, sono state installate 7 "fontanelle" pubbliche connesse alla rete.

#### 2.4 Impianti di filtrazione GAC installati e risultati ottenuti nel trattamento <sup>11</sup>

L'adsorbimento su carbone attivo rappresenta una misura di emergenza adottata dai Gestori al fine di risolvere nell'immediato il problema PFAS nelle acque potabili.

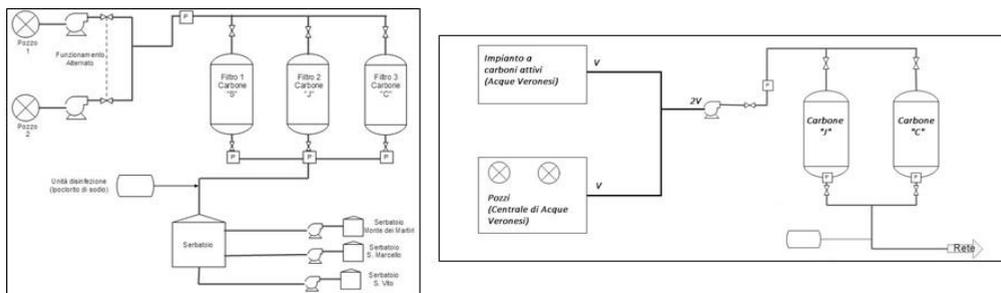


Fig. 3 – Schemi dell'impianto di Brendola e Lonigo

Nei Grafici che seguono si riportano i rendimenti di rimozione in funzione del tempo nei confronti del PFOS, PFOA, PFBA e la somma di tutti gli altri PFAS.

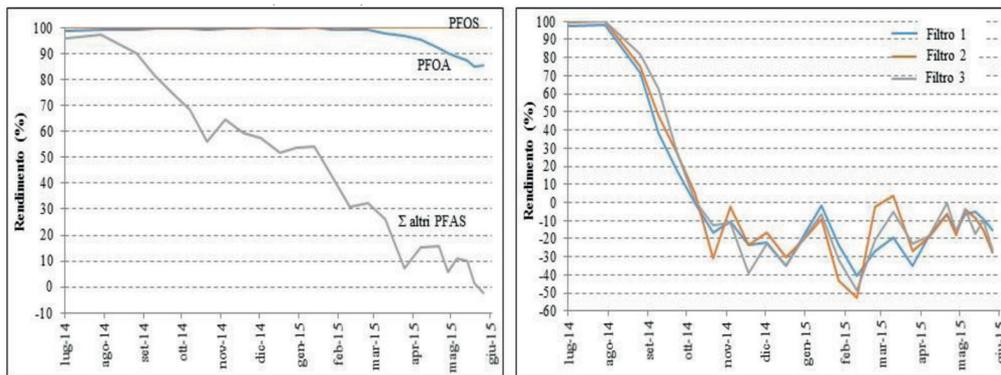


Fig. 4 – Rendimento di un filtro GAC - Fig. 5: Rendimenti di tre diversi carboni nei confronti del PFBA

A prescindere dalla tipologia di GAC (materiale d'origine, granulometria, etc.) l'efficienza permane nei primi due-tre mesi di impiego, dopodiché il rendimento sul PFBA scende a valori nulli o negativi. L'efficienza di rimozione dipende dalla natura del gruppo funzionale presente sulla molecola e dalla lunghezza della catena. A parità di lunghezza di catena, i carboni rimuovono con maggiore facilità i PFAS con gruppo funzionale solfonico rispetto a quelli con gruppo funzionale carbossilico.

<sup>11</sup> Davide Meneghelo: Tesi di laurea triennale Università Di Padova Dip. di Ing. Industriale, "Studio della tecnica di rimozione mediante carboni attivi di sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) da acque contaminate", Relatore: Prof. Lino Conte e Ing. Alessandro Zaggia

La rimozione dei PFAS a catena lunga mediante adsorbimento su GAC ha un certo successo, tuttavia per i PFAS a catena corta questa tecnica si è rivelata tutt'altro che efficace. I dati sperimentali relativi al funzionamento degli impianti sono stati utilizzati per definire in maniera più appropriata la capacità di rimozione specifica di un carbone per le sostanze perfluoroalchiliche (Tab. 1). La *capacità massima di rimozione* è definita come la quantità espressa in ng di uno specifico PFAS trattenuta da un grammo di carbone attivo al raggiungimento del punto di esaurimento (condizione in cui la concentrazione del PFAS in ingresso è uguale a quella in uscita).

| Carbone     | Impianto         | PFOA  | PFBA | PFBS |
|-------------|------------------|-------|------|------|
| Carbone "C" | Lonigo           | 39622 | 4331 | 5022 |
| Carbone "C" | Brendola 2014/15 | 21820 | 1296 | 8170 |
| Carbone "J" | Lonigo           | 17309 | 3607 | 3640 |
| Carbone "J" | Brendola 2014/15 | 15554 | 1246 | 7103 |
| Carbone "S" | Brendola 2013/14 | 31632 | 2360 | 7341 |
| Carbone "S" | Brendola 2014/15 | 18558 | 1156 | 6863 |

**Tab. 1** – Indici di capacità di rimozione in ng/g calcolati per i diversi carboni utilizzati

### 2.5 Sperimentazione di resine a scambio ionico

Dopo aver selezionato 3 tipologie di resina, attraverso una prima sperimentazione in laboratorio, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Padova, è stato avviato un test su tre impianti pilota (capacità 50 litri ciascuno) installati presso il centro idrico Madonna dei Prati di Brendola.

Le caratteristiche di ciascun pilota sono le seguenti: Portata oraria linea di filtrazione 400 L/h, pressione alimentazione 2,5÷6,0 bar, diametro colonna 250 mm, soluzione rigenerante NH<sub>4</sub>Cl, NaCl, NH<sub>4</sub>OH.

Le resine selezionate hanno la stessa matrice polimerica (polistirene reticolato con divinilbenzene) e si differenziano per la struttura (gelulari o macroporose) e per il tipo di gruppo funzionale. I risultati sono ancora parziali, in quanto le prove sono ancora in corso.

## 3. Conclusioni

Con la scoperta, da parte dell'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR), dei PFAS nelle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano si è instaurato un processo virtuoso, che ha visto i Gestori del Servizio Idrico Integrato attivarsi immediatamente, e in maniera coordinata e sinergica, a supporto delle autorità sanitarie e di controllo con interventi efficaci di contenimento della diffusione dei contaminanti nell'acqua potabile.

*L'esperienza integrata delle istituzioni pubbliche deputate al controllo della diffusione delle sostanze perfluoroalchiliche in alcuni ambiti del territorio della Regione Veneto, ha rappresentato un modello pilota di azione interistituzionale e multidisciplinare, mirato all'obiettivo finale di tutelare la salute della popolazione contenendo immediatamente l'esposizione alle sostanze e definendo un quadro sempre più accurato e rigoroso di conoscenza e definizione del problema.*<sup>12</sup>

I gestori hanno messo a disposizione (e continuano a farlo) professionalità, impianti e competenze a supporto delle fasi di valutazione (Risk Assessment) e gestione del rischio (Risk Ma-

<sup>12</sup> Delibera di Giunta Regionale n. 1517 del 29 ottobre 2015, Allegato A, "Ritrovamento di sostanze perfluoroalchiliche in alcuni ambiti del territorio regionale. Analisi integrata preliminare delle aree di esposizione e primi indirizzi di Grading del rischio"

nagement) con il fine primario di ridurre l'esposizione diretta ed indiretta della popolazione. Di conseguenza la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie per il trattamento, applicate sugli impianti in esercizio, acquisiscono un'importanza fondamentale, con la consapevolezza dell'attenzione da parte dei soggetti preposti alla prevenzione e sanità pubblica.

### **Bibliografia**

[4] Sinergeo - Sinergie geologiche per l'ambiente - Vicenza, [www.sinergeo.it](http://www.sinergeo.it).

[5] Servizio Geologico d'Italia, Antonelli R. et al., 1990-1995.

[7] ARPAV - Poster discusso nella *XII Conferenza del sistema nazionale per la protezione dell'ambiente*, 2014.

[8] Prof. Lino Conte, Ing. Luigi Falletti, Ing. Alessandro Zaggia, *Rimozione di microinquinanti fluorurati con resine a scambio ionico e adsorbenti sintetici*, Giornata Studio su "Il ciclo integrato dell'acqua. Normative, gestione, innovazioni tecnologiche" - 20 Novembre 2014, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Padova.

[10] Massimo Fant, Diego Cracco, Alessandro Pellizzaro (Acque del Chiampo S.p.A.) – "Sviluppo e messa a punto di una metodica di determinazione di sostanze PFAS" Ed. LAB Il Mondo del Laboratorio, Gen.-Feb. 2015

[11] Davide Meneghello: Tesi di laurea triennale Università Di Padova Dip. di Ing. Industriale, "Studio della tecnica di rimozione mediante carboni attivi di sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) da acque contaminate", Relatore: Prof. Lino Conte e Ing. Alessandro Zaggia.

[12] Alessandro Zaggia, Lino Conte, Luigi Falletti, Massimo Fant, Andrea Chiorboli: *Use of strong anion exchange resins for the removal of perfluoroalkylated substances from contaminated drinking water in batch and continuous pilot plants*. - Water Research, 30 December 2015.

[13] DGR n. 1517 del 29 ottobre 2015, Allegato A, "Ritrovamento di sostanze perfluoro alchiliche in alcuni ambiti del territorio regionale. Analisi integrata preliminare delle aree di esposizione e primi indirizzi di Grading del rischio".

# Water remediation from emerging pollutants by AOPs with ionizing and non-ionizing radiation technologies

*Biagio Esposito* [biagio.esposito@isof.cnr.it](mailto:biagio.esposito@isof.cnr.it),<sup>1\*</sup> Luca Pretali,<sup>1</sup> Salvatore S. Emmi,<sup>2</sup> Francesco Riminucci,<sup>1</sup> Maria Luisa Navacchia<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Proambiente s.c.r.l., via P. Gobetti, 101 - 40129 Bologna, Italy.

<sup>2</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività (ISOF), via P. Gobetti, 101 - 40129 Bologna, Italy.

## Abstract

*Questo studio verte sulla degradazione di una miscela di quattro inquinanti emergenti (ofloxacina, carbamazepina, benzofenone-3 e benzofenone-4) in acqua per mezzo di radiazioni ionizzanti e non ionizzanti. L'efficienza dei trattamenti è stata determinata valutando la scomparsa delle molecole mediante HPLC e calcolando il grado di mineralizzazione mediante analisi del carbonio organico totale (T.O.C). Come estensione di questo studio abbiamo applicato il metodo AOP (Processi di Ossidazione Avanzata) basato sull'utilizzo di radiazioni UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> per la degradazione di una soluzione acquosa di pesticidi comunemente utilizzata dalle macchine irroratrici in agricoltura.*

## Summary

*This work regards the degradation of a mixture of four emerging pollutants (ofloxacin, carbamazepine, benzophenone-3 and benzophenone-4) in water by means of ionizing and non-ionizing radiation technologies. The efficiency of the treatments has been determined by following the disappearance of the parent molecules by HPLC and evaluating the degree of mineralization via total organic carbon analysis. As extension of this study we applied the UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> based AOP to the degradation of a water solution of pesticides commonly utilized in spray machines in agriculture.*

## 1. Introduction

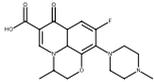
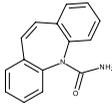
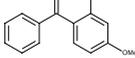
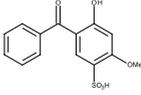
As "Proambiente Consortium" we are mostly interested in Advanced Oxidation Processes (AOPs) treatments of polluted waters with the aim of restoring water quality for further uses in industry, agriculture, and even to comply with standards for drinkable water.

AOPs represent an innovative and versatile set of different techniques to deal with water pollution, at atmospheric conditions, in different scenarios. AOPs include: ultraviolet (UV) coupled methods, ultrasounds, electron-beam (EB), -rays and plasma techniques. Electron beam is the fastest method but also the most investment demanding technology, so it is suitable for large plants and heavy polluted waters. On the other hand, UV based methods are more simple and less energy consuming (possibly exploiting solar radiation) and can be optimized by the addition of a photocatalyst (i.e. TiO<sub>2</sub>), or a radical mediator (i.e. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 2Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). All these methods have in common the production of hydroxyl radicals (OH<sup>·</sup>), a very reactive

and high diffusible specie that promotes the degradation of organic molecules. We report herein a comparative study on the degradation of a mixture of four organic emerging contaminants (EOCs) by means of UV,  $\gamma$ -rays based AOPs aimed to the water remediation. We also report on the degradation water solutions of pesticides commonly used in agriculture treated with light in the presence of  $H_2O_2$  by using a reactor specifically designed for this purpose (IRRAOP) as a real application of AOPs in wastewater treatments.

## 2. Results and discussion

Our attention was first addressed to the degradation study of four EOCs, two pharmaceuticals [ofloxacin (OFLOX) and carbamazepine (CBZ)] and two sunscreen filters [benzophenone-3 (BP-3) and benzophenone-4 (BP-4)], in mixture (MIX4) (table 1) considered priority pollutants for their environmental hazard due to persistence, bioaccumulation and toxicity, and widespread use in commonly used drugs and personal care products (PCP). [1] In particular, OFLOX, a fluoroquinolone compound widely used as antibiotic in both human and veterinary applications, is excreted unmetabolized up to 70% and when released in the environment can promote resistance formation on microbial population and induces toxic effect on aquatic organisms. Moreover, BP-3 and BP-4, two of the most used UV filters, are suspected of estrogenic activity [2] and have been recently identified also in drinking waters. [3] The complex composition of the influent waters prompted us to study the degradation of the selected pollutants in mixture. This approach is also supported by recent studies demonstrating that pharmaceuticals at high concentrations exhibit greater effect in mixtures than individually at the same concentration. [4]

| Emerging contaminant   | Ofloxacin<br>OFLOX  | Carbamazepine<br>CBZ  | Benzophenone-3<br>BP-3  | Benzophenone-4<br>BP-4   |
|------------------------|---|---|---|--|
| Molecular structure    |  |  |  |  |
| Therapeutic class      | Antibiotic  | Antiepileptic   | UV filter   | UV filter  |
| MW                     | 361.37  | 236.27  | 228.24  | 308.31   |
| Solubility (mg/L)      | 28300   | 112   | 69  | 20000  |
| Influent waters (ng/L) | 2-1400  | 950-2600  | 638-1195  | 3600-5800  |
| Sludge (ng/Kg)         | 210   | -   | -   | -  |
| Effluent waters (ng/L) | 10  | 826-3120  | 22-231  | 2700-4300  |
| Surface waters (ng/L)  | 0-2   | 0-251   | 15-36   | 3-227  |

**Table 1** – Molecular structures, acronyms and class of the target EOCs herein considered. For the amount of each compound in sludge, influent water and surface water see ref. [5]

MIX4 was treated by means of UV photolysis (UV alone, UV-TiO<sub>2</sub> photocatalytic AOP and UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mediated AOP). All the photochemical experiments were carried out on 250 mL aqueous solutions containing 5 mg/L of each compound in milliQ water. The irradiation was carried out on a Multilamp Rayonett equipped with 16 lamp (8 W each) with a maximum emission centred at 254 nm (UV flux in the center of the reactor was measured by a 254 nm sensitive probe, 25 mW/cm<sup>2</sup>); the temperature was monitored constantly with a Delta Ohm HD 9219 thermometer equipped with a Pt100 sensor. All the experiments were carried out in a 300 mL quartz tube equipped with a condenser and continuous air bubbling from the

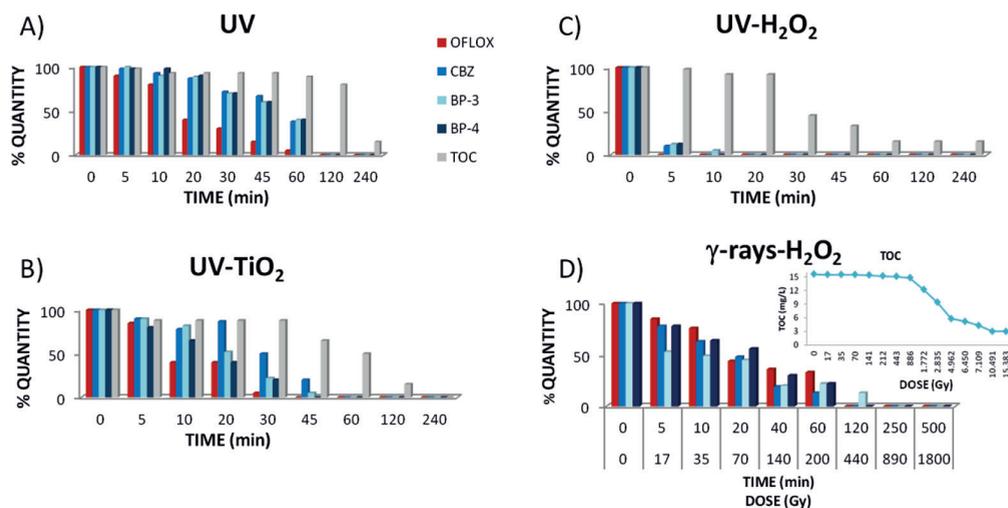
bottom. The photocatalytic treatments were carried out with 0.025 g of  $\text{TiO}_2$  in pearls, corresponding to 0.1 g/L. In the experiments with hydrogen peroxide, the required amount of  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30% v/v) solution (in order to attain an initial concentration of 25 mg/L) was added immediately before the irradiation.

The efficiency of the processes was determined following the disappearance of the initial pollutants by HPLC on a reverse phase Zorbax C8 column 4.6 x 150 mm, 5  $\mu\text{m}$ , with a linear gradient from 0.1% trifluoroacetic acid in water to 100% acetonitrile at flow rate of 1.0 mL/min, detection at  $\lambda$  max of each component. The HPLC analyses at various times allowed also to highlight the possible formation of accumulation products. In all cases examined no new peaks were revealed, indicating that no accumulation products were formed during the treatments. However, in the cases of the photodegradation treatments an initial yellowish coloration of the solutions was observed that parallels a slight increase of the HPLC baseline signal, both disappearing in the late stages of the process. The TOC content was measured by means of the Hach-Lange LCK-385 test-in-cuvette and DR5000 spectrophotometer to follow the mineralisation process.

In figure 1, A-C we reported the residual amounts of the four EOCs as resulted from HPLC analyses at the selected intervals of time in the case of UV alone (A), UV- $\text{TiO}_2$  (B) and UV- $\text{H}_2\text{O}_2$  (C). Moreover, the residual amounts of TOC (grey bars) are also reported at same times. In the case of UV alone (figure 1, A), all the pollutants disappeared almost completely in 120 minutes and the complete mineralization, as revealed by the TOC measurements, followed the disappearance of the starting materials and became significant ( $t_{1/2}$ ) at 180 minutes. The degradation with  $\text{TiO}_2$  (figure 1, B) proceeded faster than that with UV alone and also the mineralization process was found more efficient ( $t_{1/2}$  = 60 min). The UV photolysis in the presence of  $\text{H}_2\text{O}_2$  (figure 1, C) was found much more efficient being all EOCs under the detection limit after 10 min. Also the mineralization process was found faster being the TOC content halved at 30 min.

In all cases a severe disappearance of the compounds before reaching a substantial reduction of TOC has been observed. This is coherent with the general opinion that AOPs proceed through a complex process consisting first in the fragmentation of pollutants followed by the transformation into  $\text{CO}_2$  and carbonates (mineralization).

The ability of the  $\gamma$ -rays treatment to achieve the mineralization of MIX4 was also exploited. In order to promote as much as possible the oxidative conditions, MIX4 was treated with  $\gamma$ -rays in the presence of 10 mM  $\text{H}_2\text{O}_2$ .  $\gamma$ -Irradiation of aqueous solutions containing 5 mg/L of each compound in milliQ water was performed in a Nordion 220  $^{60}\text{Co}$  gamma-cell at dose rates of 4.5 or 5 Gy/min depending on the geometry of the polyethylene reaction cells. Irradiations have been carried out under air bubbling. The efficiency of the processes was determined following the disappearance of the initial pollutants by HPLC and the TOC decrease.

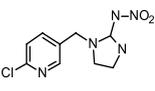
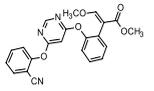
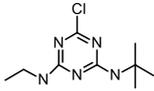


**Figure 1** – Quantity percentage of each pollutant for simple UV (A), UV-TiO<sub>2</sub> (B) and UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (C) treatment in function of the time and in function of both time and dose in the case of  $\gamma$ -H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment (D). TOC values under the limit of detection (LOD = 3 mg/L) were conventionally plotted at 15% height or 3 mg/L corresponding to the uncertainty of the method.

In figure 1, D the disappearance of the selected EOCs during the  $\gamma$ -H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment is reported in function of both time and dose (Gy). The almost complete disappearance of the four analytes required a dose up to 400 Gy whereas the reduction of the TOC at the LOD of the method, i.e. 3 mg/L, required up to 10500 Gy.

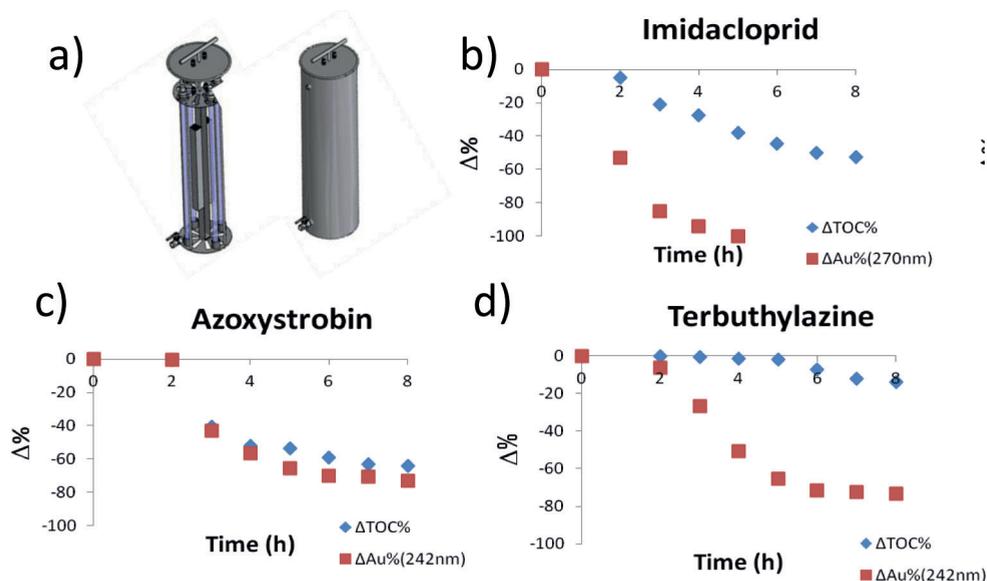
The overall data indicate that the most efficient degradation of the selected organic compounds was achieved in the presence of hydrogen peroxide either in the case of UV and ionizing radiation based treatments. Moreover, comparing the UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and  $\gamma$ -H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> methods in our experimental conditions, it emerges that while the UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment (figure 1, C) reduces the TOC at the LOD in 60 min (Figure1, C), the  $\gamma$ -H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment, requiring about 10500 Gy, reduces the TOC at the LOD in almost 39 hours.

In the light of these results, the UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mediated AOP was identified as the most attractive method for the degradation of water solutions of pesticides commonly used in agriculture. The three groups of pesticides mainly used in Italy are insecticides, fungicides and herbicides. In this light we selected for our purpose three commercial products as representative of each class mentioned above namely Confidor® , Ortiva® and TrekP® . (Table 2)

| Pesticides          |   |   |  |
|---------------------|---|---|--|
| Commercial name     | Confidor®   | Ortiva®   | TrekP®   |
| Active principle    | Imidacloprid  | Azoxystrobin  | Terbutylazylene  |
| Molecular structure |  |  |  |
| Therapeutic class   | insecticide   | fungicide   | herbicide  |

**Table 2** – Molecular structures, acronyms and class of the target pesticides herein considered.

We prepared a solution of each product as following described by taking into account the expected residue in the storage tank: 6.25 ml of the selected pesticide were solved in 5 L of water and then the solution was diluted up to 50 L, simulating the rinsing operation of a tank of a 800 L volume. Before starting the degradation processes 50 mL of  $H_2O_2$  30% was added to each solution. The solutions were treated with the the UV- $H_2O_2$  mediated AOP by using a prototype composed by 4 submersible UV lamps emitting at 254 nm with 20 W power each. The lamps are enclosed in a stainless steel vessel of 70 L. (Figure 2a)



**Figure 2** – a) A cartoon of *Irraop* reactor; b), c), d) decreasing of absorbance and TOC for each pesticide after UV- $H_2O_2$  treatment in function of the time.

The degradation process was evaluated by following the decreasing of the UV signal (Au) at the  $\lambda_{max}$  of each compound at defined intervals of time by means of DR5000 spectrophotometer. The mineralisation process was followed by measuring the TOC content at defined intervals of time by means of the Hach-Lange LCK-385 test-in-cuvette and DR5000 spectrophotometer. In the case of imidacloprid and tertbutylazine the degradation processes were confirmed to be faster than the mineralisation one. Instead, in the case of azoxystrobin the degradation and the mineralisation seem to occur almost at the same time. The tertbutylazine was found the most recalcitrant pesticide. Unless its degradation reached the 80% after 6 h the mineralisation was negligible even after 8 h. (Figure 2b-d)

### 3. Conclusions

In conclusion we have demonstrated that the degradation of a mixture of four organic emerging contaminants (EOCs) by means of UV,  $\gamma$ -rays based AOPs can be successfully applied to the water remediation. The mineralisation process resulted faster under oxidative conditions i.e. in the presence of  $H_2O_2$ . The UV- $H_2O_2$  AOP was also successfully applied for the degradation of three selected pesticides.

## References

- [1] L. H.M.L.M. Santos, A.N. Araújo, A. Fachini, P. Delerue-Matos M.C.B.S.M. Montenegro *Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment*. *Journal of Hazardous Materials* **2010**, **175**, 45–95.
- [2] B. Kasprzyk-Hordern,, R.M Dinsdale, A.J. Guwy, *The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters*. *Water Res.* 2009, *43*, 363-380.
- [3] R. Rodil, J.B. Quintana, E. Concha-Grana, P. Lopez-Mahia, S. Muniategui-Lorenzo, D. Prada-Rodriguez, *Emerging pollutants in sewage, surface and drinking water in Galicia (NW Spain)* *Chemosphere* **2012**, *86*, 1040-1049.
- [4] M. Cleuvers, *Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effects*. *Toxicol. Lett.*, 2003, *142*, 185-194.
- [5] B.Petrie, R. Barden, B. Kasprzyk-Hordern,, *A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring*. *Water Res.*, 2015, *72*, 3-27.

# I piani di sicurezza dell'acqua: esempi applicativi e definizione di criteri per la validazione

Luca Lucentini<sup>1</sup> [luca.lucentini@iss.it](mailto:luca.lucentini@iss.it), Laura Achene<sup>1</sup>, Rossella Colagrossi<sup>2</sup>, Valentina Fuscoletti<sup>1</sup>, Federica Nigro Di Gregorio<sup>1</sup>, Enrico Veschetti<sup>1</sup>, Aldo Di Benedetto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Reparto di Igiene delle Acque Interne. Istituto Superiore di Sanità. <sup>2</sup>Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria. Ministero della Salute.

## Riassunto

L'approccio OMS dei piani di sicurezza dell'acqua (PSA), introdotto in Italia con linee guida nazionali sulla applicazione di modelli di analisi di rischio nei sistemi acquedottistici, sta orientando la corrente revisione della normativa nazionale sulla qualità delle acque destinate al consumo umano con il recepimento della Direttiva (UE) 2015/1787. Molteplici esperienze applicative, in corso di attuazione e finalizzazione (es. Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna, Toscana, Lazio, Veneto), o in fase di programmazione (es. Puglia, Sicilia) confermano l'efficacia dei PSA come migliore approccio preventivo, multidisciplinare e flessibile per garantire efficientemente nel tempo approvvigionamenti idro-potabili di qualità adeguata per il consumo umano.

In tale contesto - come richiesto dalla nuova direttiva - la verifica dei PSA sviluppati a livello territoriale rappresenta un elemento critico per assicurare che tali piani siano completi, correttamente implementati, efficaci e soggetti a continuo miglioramento, anche al fine dell'approvazione degli stessi piani da parte dell'autorità sanitaria competente. Da parte dell'Istituto Superiore di Sanità e del Ministero della Salute, attraverso un gruppo di lavoro multidisciplinare e rappresentativo di diverse istituzioni e expertise, è in corso l'elaborazione di linee guida per la verifica e approvazione dei PSA, sulla base delle recenti indicazioni emesse dall'OMS.

La verifica deve tener conto della conformità del PSA ai principi generali definiti a livello internazionale e nazionale, pur tenendo conto della flessibilità e sito-specificità di sistema. Sono definiti diversi livelli di audit, interni ed esterni, informali e formali, funzionali agli obiettivi della verifica. Il controllo esterno formale presiederà all'approvazione del piano a livello normativo. La frequenza e programmazione degli audit, potrà variare in base alla tipologia di verifica e al livello di implementazione del PSA; nella verifica vengono infatti esaminate tutte le fasi del piano, prevedendo, oltre alla valutazione documentale sull'analisi di rischio, ispezioni in campo per confermare la rispondenza della documentazione alla descrizione del sistema idrico.

Obiettivo principale della verifica è validare l'adeguatezza del PSA rispetto all'individuazione di pericoli, eventi pericolosi, valutazione di rischio, definizione di misure di controllo e monitoraggio, rivalutazione del PSA.

Sono anche in fase di definizione i criteri per la classificazione degli esiti della valutazione, funzionali all'approvazione dei PSA e all'inserimento dei piani in programmi di monitoraggio e rivalutazione secondo una scala di priorità.

## Summary

*The WHO Water Safety Plans (WSP) approach has been introduced in Italy by defining national guidelines, and, more recently, by the Directive (EU) 2015/1787 being implemented. Numerous practical experiences, being implemented and finalized (eg. Lombardy, Emilia Romagna, Tuscany, Piedmont, Lazio, Veneto), or in definite planned steps (eg. Apulia, Sicily) confirm the effectiveness of PSA as the best preventive, multidisciplinary and flexible approach, to ensure over time the drinking-water supplies of adequate quality for human consumption. Auditing is a critical element in the sustainable implementation of any WSP as it provides a check that the WSP, adequately implemented and effective and it supports continuous WSP improvement, also in the light of the approval of the plans by the competent Health Authority, provided for by the new European Directive. It is currently being prepared guidelines for the auditing and approval of the WSPs, based on the WHO recent indications, by the National Institute of Health and the Ministry of Health. The auditing should take into account the compliance of the WSPs to the international and national general principles, as well considering the flexibility and site-specificity of the system. WSP audits can take a number of forms, from a simple, informal, internal audit to a rigorous, external formal audit. The formal external audit will lead to the legal approval of the plan. The frequency and scheduling of audits, will differ depending on the level of implementation of the WSP; auditing will examine all stages of the plan, providing, in addition to assessment of risk analysis documents, field inspections to confirm the compliance of the documents with the description of the water system. The aim of WSP auditing is to verify the effectiveness of WSP in detecting hazards and risks, risk assessment, monitoring control measures definition, reassessment of the WSP. Summary criteria of auditing results, useful for the approval of the WSP and the inclusion of plans in monitoring and reassessment programs by an organization according to priorities.*

## 1. Introduzione

I *Water Safety Plans* o Piani di sicurezza dell'Acqua (PSA), introdotti nel 2004 a livello internazionale dall'OMS e recepiti in linee guida nazionali anche sulla base di esperienze applicative specifiche, definiscono i criteri, metodi, attività, responsabilità tempi e risorse necessari a garantire la sicurezza dell'acqua destinata al consumo umano mediante un approccio di valutazione e gestione del rischio globale che comprende tutte le fasi della filiera idrica dalla captazione al consumatore.

La nuova direttiva (UE) 2015/1787 della Commissione, datata 6 ottobre 2015 e pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 7 ottobre 2015, recante modifica degli allegati II e III della direttiva 98/83/CE del Consiglio concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, modifica significativamente l'approccio alla sicurezza delle acque potabili per una maggiore tutela della salute del consumatore segnando il passaggio da un approccio retrospettivo ad una prevenzione sistematica a livello di sistema basata sull'implementazione dei PSA.

L'analisi di rischio introdotta in direttiva presiede all'introduzione di un regime flessibile per lo svolgimento dei controlli richiedendo, in determinate circostanze, di controllare parametri di rilevanza specifica per il sistema acquedottistico (ad es., parametri attualmente non oggetto di ordinario controllo, quali tallio, composti perfluoroalchilici, uranio, ecc.) e definendo d'altra parte, in altre circostanze e condizioni, riduzione di campionamenti e parametri non significativi riducendo i costi senza pregiudicare la salute pubblica o altri benefici.

Pertanto, sulla base dei risultati della valutazione del rischio nel controllo di una filiera idro-potabile, e, previa una fase di transizione applicativa di verifica del nuovo sistema, potrà essere ampliato o ridotto l'elenco dei parametri oggetto di monitoraggio e aumentate o dimiuite le frequenze di campionamento, secondo certe condizioni stabilite in direttiva.

Diversi sistemi acquedottistici in Italia hanno implementato o stanno applicando i PSA su base volontaria; il Ministero della Salute, in collaborazione con l'ISS, ha acquisito una significativa esperienza di applicazione dei PSA (anche nell'ambito del programma CCM 2015<sup>1</sup> - portale nazionale acque) rilevando in tutti i casi l'efficacia dell'approccio nel potenziamento del livello di prevenzione per la qualità delle acque destinate a consumo umano.

In tale contesto - come richiesto dalla nuova direttiva - la verifica dei PSA sviluppati a livello territoriale rappresenta un elemento critico per assicurare che tali piani siano completi, correttamente implementati, efficaci e soggetti a continuo miglioramento, anche al fine dell'approvazione degli stessi piani da parte dell'autorità sanitaria competente. Da parte dell'Istituto Superiore di Sanità e del Ministero della Salute, attraverso un gruppo di lavoro multidisciplinare e rappresentativo di diverse istituzioni e expertise, è in corso l'elaborazione di linee guida per la verifica e approvazione dei PSA, sulla base delle recenti indicazioni emesse dall'OMS.

## 2. Criteri per la valutazione e validazione dei PSA

La nuova direttiva stabilisce che i programmi di controllo per le acque destinate al consumo umano devono:

- a) verificare che le misure previste per contenere i rischi per la salute umana in tutta la catena di approvvigionamento (dal bacino idrografico all'estrazione, al trattamento e allo stoccaggio fino alla distribuzione) siano efficaci e che le acque siano salubri e pulite nel punto in cui i valori devono essere rispettati;
- b) mettere a disposizione informazioni sulla qualità dell'acqua fornita per il consumo umano al fine di dimostrare che gli obblighi di cui agli articoli 4 e 5, nonché i valori parametrici stabiliti nell'allegato I, siano stati rispettati;
- c) individuare le misure più adeguate per mitigare i rischi per la salute umana.

Le operazioni di controllo devono essere effettuate ad opera di controllori indipendenti dalle strutture gestionali. Il controllo e la verifica esterna integrano e soprassedono ai controlli interni che i gestori devono effettuare per strutturare il PSA, verificarne il funzionamento e l'efficacia e garantirne il miglioramento continuo. I controlli, sia interni sia esterni, richiedono che sia implementato un programma sistematico comprendente analisi, ispezioni di carattere sanitario, e procedure di *auditing*; il programma deve coprire tutto il sistema di fornitura dell'acqua destinata al consumo umano, dalla captazione agli impianti di trattamento e distribuzione.

Pertanto, uno degli elementi fondamentali di un PSA è la verifica (*auditing*) dell'efficacia del piano, che deve assicurare un controllo finale sul livello di prestazione complessiva del PSA, garantendone la capacità di distribuire con continuità nel tempo acque di qualità adeguata ai livelli prefissati a tutela della salute dei consumatori.

La verifica deve tener conto della conformità del PSA ai principi generali definiti a livello internazionale e nazionale, pur tenendo conto della flessibilità e sito-specificità del sistema.

In accordo con le indicazioni dell'OMS il *Water Safety Plan auditing* può essere definito come una verifica indipendente e sistematica del PSA, finalizzata a confermarne la completezza, l'adeguata attuazione e l'efficacia nel garantire nel tempo la distribuzione di acqua destinata al consumo umano sicura per la salute.

Le risultanze dell'*auditing* sono un indispensabile supporto di evidenze per potenziare e migliorare progressivamente il PSA fornendo un sistema di sostegno e di consulenza continuo, essenziale per il successo sostenibile del PSA. Un *audit* può avere fini più specifici a seconda delle circostanze, come la valutazione critica della metodologia, dell'adeguatezza tecnica e dell'efficacia del PSA e non ultimo la valutazione di conformità ai requisiti richiesti dalla normativa.

---

<sup>1</sup> L'attività del [Ccm](#) - Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie è incentrata sull'attuazione di progetti, in collaborazione con le regioni e partner istituzionali diversi, in numerose aree di intervento che fanno riferimento alle aree tematiche di maggior interesse per la prevenzione.

Sono definiti diversi livelli di *audit*, interni ed esterni, informali e formali, funzionali agli obiettivi della verifica. Le caratteristiche dei vari tipi di audit sono riassunte in tabella 1. L'*auditing* è flessibile per natura e la metodologia adottata, lo scopo e la profondità della verifica sono definite dallo specifico contesto. Dove l'implementazione o la regolamentazione del PSA sono nelle fasi iniziali, o nel caso degli *small water supplies*, gli *audit* saranno probabilmente informali, con particolare attenzione da parte degli *auditors* a fornire supporto e consulenza. Qualora l'implementazione e la regolamentazione del PSA siano più avanzate, gli *audit* saranno tendenzialmente più formali e complessi. Le verifiche iniziali possono essere relativamente semplici, diventando progressivamente più complesse nel corso del tempo.

Il controllo esterno formale presiederà all'approvazione del piano a livello legale.

La frequenza e programmazione degli *audit*, potrà variare in base al livello di implementazione del PSA; nella verifica vengono infatti esaminate tutte le fasi del piano, prevedendo, oltre alla valutazione documentale sull'analisi di rischio, ispezioni in campo per confermare la rispondenza della documentazione alla descrizione del sistema idrico.

| <b>Tipo di audit</b> | <b>Motivo dell'audit</b>   | <b>Figure professionali coinvolte</b>   |
|----------------------|--|---|
| Interno informale    | Principalmente per dare suggerimenti e sostegno tecnico, soprattutto durante le prime fasi di implementazione del PSA  | Una o più persone assunte dal gestore idrico (ad es. operanti nel settore dell'assicurazione di qualità) o a contratto ma non direttamente coinvolte nell'implementazione del PSA   |
| Interno formale      | Generalmente per la verifica organizzativa dell'implementazione del PSA; può essere indetto dalla direzione del sistema idrico o dal team del PSA  | Una o più persone assunte dal gestore idrico (ad es. operanti nel settore dell'assicurazione di qualità) o a contratto ma non direttamente coinvolte nell'implementazione del PSA; possono essere nominati dalla direzione del sistema idrico |
| Esterno informale    | Principalmente per dare suggerimenti e sostegno tecnico, in particolare durante le prime fasi di attuazione del PSA e/o per piccoli gestori idrici dove non sono presenti personale sufficiente o le competenze necessarie per intraprendere gli audit interni e dove gli audit esterni formali non sono idonei alla struttura | Agenzie governative locali o nazionali dell'ambiente o della salute, consulenti o personale proveniente dai gestori idrici confinanti (consulenza <i>peer-to-peer</i> )   |
| Esterno formale      | Generalmente per soddisfare i requisiti di legge o di sorveglianza di un organismo di regolamentazione   | Agenzia di regolamentazione, Autorità sanitaria o altra organizzazione come specificato da un requisito normativo   |

**Tab. 1 – Diversi tipi di audit**

Nell'Aprile del 2016 si è svolta a Palawan, Filippine, una importante conferenza alla quale ha partecipato anche l'Istituto Superiore di Sanità, incentrata sul tema dei *Water Safety Plans* a livello mondiale, nel corso della quale è stato anche sottolineato l'aspetto fondamentale dell'importanza e della conduzione degli *auditings*<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> IWA/WHO Global Water Safety Conference 2016 – Water Safety Planning., 25- 28 APRIL 2016, PALAWAN, PHILIPPINES

In considerazione del rilievo fondamentale che queste procedure avranno per l'applicazione a livello nazionale dei PSA, l'Istituto Superiore di Sanità e il Ministero della Salute, attraverso un gruppo di lavoro multidisciplinare e rappresentativo di molte istituzioni interessate, stanno predisponendo delle linee guida per la verifica e approvazione dei PSA, sulla base delle recenti indicazioni emesse dall'OMS.

L'approvazione dei piani da parte dell'autorità sanitaria richiede criteri e procedure adeguate, una specifica formazione e qualifica dei valutatori e adeguate risorse e tempi; i costi relativi alle attività di approvazione di ogni PSA potrebbero essere coperti dal gestore idro-potabile richiedente l'approvazione.

### 3. Conclusioni

Il modello dei PSA, di fondamentale semplicità nei suoi aspetti generali, è finalizzato a ridurre drasticamente le possibilità di contaminazione delle acque captate dall'ambiente per essere destinate al consumo umano, ad attenuare o rimuovere la presenza di eventuali elementi di pericolo chimico, microbiologico, fisico e radiologico, attraverso trattamenti delle acque adeguatamente progettati, eseguiti e controllati e infine, a prevenire eventuali ricontaminazioni in fase di stoccaggio e distribuzione dell'acqua fino al punto di consegna.

La base scientifica dell'approccio PSA è l'analisi di rischio con l'obiettivo primario di proteggere la salute umana. Il *Water Safety Plan* è divenuto parte integrante della legislazione europea con la direttiva 2015/1787 che modifica gli allegati II e III della direttiva 98/83/CE del Consiglio concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, e concede due anni di tempo ai singoli Stati per adeguarsi alla nuova normativa.

In tale ottica, diversi sistemi acquedottistici hanno implementato o stanno iniziando ad applicare i PSA su base volontaria. La verifica dell'efficacia del piano rappresenta uno degli elementi fondamentali di un PSA assicurando un controllo finale sul livello di prestazione complessiva del PSA applicato alla filiera idropotabile a distribuire con continuità nel tempo acque di qualità adeguata ai livelli prefissati a tutela della salute dei consumatori. A tal fine, l'Istituto Superiore di Sanità congiuntamente al Ministero della Salute, attraverso un gruppo di lavoro multidisciplinare e rappresentativo di molte istituzioni interessate, sta predisponendo linee guida per la verifica e approvazione dei PSA, sulla base delle recenti indicazioni emesse dall'OMS.

### Bibliografia

[1] **Lucentini L, Achene L, Fuscoletti V, Nigro Di Gregorio F, Pettine P** (Ed.). *Linee guida per la valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano secondo il modello dei Water Safety Plans*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2014. (Rapporti ISTISAN 14/21).

[2] **Drury D, Rinehold A**. *A practical guide to auditing water safety plans*. World Health Organization (WHO), Switzerland, and International Water Association (IWA), United Kingdom; 2015.

# Indagine sulle esperienze di gestione del rischio associato alla presenza di inquinanti emergenti nelle acque potabili

*Sabrina Sorlini<sup>1</sup>, [sabrina.sorlini@unibs.it](mailto:sabrina.sorlini@unibs.it), Michela Biasibetti<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>DICATAM Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica - Università di Brescia

<sup>2</sup>DICAr Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura - Università di Pavia

## Riassunto

*L'interesse nei confronti degli inquinanti emergenti è andato progressivamente crescendo nel corso degli ultimi anni sia per la comparsa di nuovi inquinanti sia per le maggiori conoscenze sui rischi sanitari ad essi associati che, in taluni casi, hanno portato all'introduzione di limiti normativi più stringenti per le acque ad uso umano. Il tema è oggetto di studio di un gruppo di lavoro che coinvolge numerosi gestori a livello nazionale. In questo contributo vengono presentati i primi risultati di un'indagine condotta a livello nazionale al fine di inquadrare la presenza di inquinanti emergenti nelle fonti di approvvigionamento idropotabile e di conoscere quale siano le strategie per la gestione del rischio associato a tali inquinanti messe in atto dai gestori del servizio idrico potabile. Tra gli strumenti per la gestione del rischio messi in atto dai gestori, il Piano di Sicurezza dell'Acqua viene sempre di più visto con interesse da parte dei gestori in quanto strumento per la gestione e valutazione del rischio al fine di tutelare la salute umana.*

## Summary

*The interest towards emerging pollutants has been progressively growing over the past years for both the presence of new pollutants both for more knowledge on their health risks which, in certain cases, have led to the introduction of more stringent regulatory limits for water for human consumption. The issue is being studied by a working group involving several managers at the national level. In this paper we present the first results of a survey conducted at national level in order to frame the presence of emerging pollutants in drinking water supply sources and to know what are the strategies for the management of risk associated with these pollutants implemented by managers of drinking water services. Among the risk management tools, the Water Safety Plan is increasingly being seen with interest by operators as a tool for management and risk assessment in order to protect human health.*

## 1. Introduzione

Con il termine di “inquinanti chimici emergenti” nelle acque ad uso umano si intendono quelle sostanze nei confronti delle quali è sorto in questi ultimi anni un interesse a seguito della loro rilevazione nelle acque o delle maggiori conoscenze sui rischi sanitari ad esse associati [1].

Gli inquinanti emergenti possono essere:

- divenuti critici in seguito al cambiamento della normativa sulle acque (come ad esempio

l'arsenico, per il quale il valore limite è stato ridotto, con le leggi più recenti, ad 1/5 di quello imposto fino al 2003);

- di recente individuazione (come ad esempio gli interferenti endocrini);
- di recente diffusione in seguito a cambiamenti tecnologici non direttamente correlati alle acque (ad esempio il cambiamento della composizione della benzina per aumentarne il potere antidetonante ha spostato l'attenzione dal piombo al benzene e, in tempi più recenti, al metil ter-butil etere o MTBE);
- di crescente interesse in quanto specificamente correlati ai materiali in contatto con le acque destinate al consumo umano o durante il trattamento (ad esempio impurezze metalliche presenti in disinfettanti, coagulanti, etc.) o durante la distribuzione (ad esempio monomeri residui presenti nei polimeri utilizzati per fabbricare tubazioni).

Vanno inoltre ricordati i patogeni emergenti, quali alcuni protozoi (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*) e alcuni metaboliti algali (tossine derivanti da cianobatteri).

La presenza di tali inquinanti, oltre all'applicazione di trattamenti di depurazione efficaci, richiede sempre di più un approccio alla gestione del rischio che consenta di valutare e gestire in modo globale il rischio nell'intero sistema di approvvigionamento idropotabile, dal punto di captazione all'utilizzo finale. In questo contesto si inserisce l'approccio del *Water Safety Plan*, o Piano di Sicurezza dell'Acqua (PSA), che rappresenta un approccio innovativo introdotto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 2004 [2] e dalla Commissione Europea nel 2015 [3], finalizzato alla valutazione del rischio di contaminazione dell'acqua nei sistemi di approvvigionamento idropotabile al fine di salvaguardare la salute umana.

Il presente lavoro descrive i risultati preliminari di un'indagine nazionale sulle esperienze di gestione del rischio associato alla presenza di inquinanti emergenti nei sistemi di approvvigionamento idropotabile, condotta nell'ambito del Gruppo di Lavoro "Gestione impianti di depurazione" dell'Università di Brescia.

## **2. Indagine presso gli enti gestori del servizio idrico**

L'indagine ha lo scopo di rilevare dati sugli inquinanti emergenti nelle acque ad uso umano a livello nazionale, con particolare riferimento alle esperienze di gestione del rischio affrontate dai gestori del servizio idrico. L'indagine è stata condotta nel 2015, inviando un questionario a diversi gestori sul territorio nazionale. Il questionario è stato organizzato in due parti: una parte generale di inquadramento sul sistema di approvvigionamento e una scheda per ciascun inquinante presente nel sistema di approvvigionamento gestito. Nel caso di più di un inquinante presente, si è richiesto di compilare la stessa scheda per ogni singolo inquinante. Per quanto riguarda la scheda del singolo inquinante, è stata richiesta la tipologia di inquinante ed un inquadramento sul sistema di approvvigionamento idropotabile interessato da tale contaminazione. Al fine di definire un inquadramento storico della contaminazione, è stato chiesto l'anno in cui per la prima volta è stato riscontrato l'inquinante, la motivazione e l'anno presunto o certo dell'inizio dell'inquinamento.

Per quanto riguarda la gestione del rischio, sono state richieste le procedure adottate dall'azienda per garantire la sicurezza dell'acqua e la gestione del rischio nel sistema di approvvigionamento, come ad esempio il Piano di Sicurezza dell'Acqua (PSA) o *Water Safety Plan* (WSP), la procedura *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) e le procedure ISO.

Altre domande hanno riguardato l'utilizzo di mezzi di comunicazione di massa per informare l'utenza delle problematiche relative alla presenza dell'inquinante nell'acqua.

Infine, si è richiesta la modalità di conduzione del monitoraggio post-intervento, i risultati ottenuti, le ricadute degli interventi e le eventuali criticità riscontrate in fase di gestione del rischio.

### 3. Risultati

In questo paragrafo vengono illustrate le risposte pervenute da 15 gestori di 6 Regioni: Piemonte, Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, Toscana e Marche. Sono stati censiti 1.214 impianti di potabilizzazione, di cui circa 80 sono interessati da inquinanti emergenti. In particolare, i gestori hanno segnalato complessivamente 19 inquinanti emergenti: sostanze perfluoroalchiliche (PFAS), cloruro di vinile monomero (CVM), percloroetilene (PCE), tricloroetilene (TCE), cromo esavalente, solventi clorurati, atrazina, carbamazepina, fibre di amianto, clorito, trialometani, nitrati, arsenico, ferro, manganese, ammoniaca, cianotossine, salmonella e virus. La Tabella 1 riporta gli inquinanti emergenti segnalati dai gestori, la loro origine, il numero di gestori che hanno riportato la contaminazione ed il numero di impianti di potabilizzazione interessati dall'inquinante.

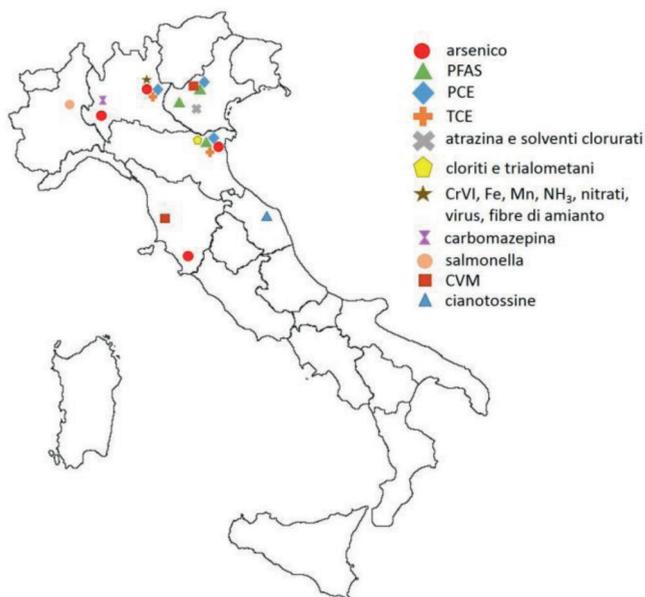
| Inquinante                          | Origine   | N. gestori | N. impianti |
|-------------------------------------|-----------|------------|-------------|
| Sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) | Antropica | 4          | 6           |
| Cloruro di vinile monomero (CVM)    | Antropica | 2          | 2           |
| Percloroetilene (PCE)               | Antropica | 3          | 4           |
| Tricloroetilene (TCE)               | Antropica | 2          | 3           |
| Cromo esavalente                    | Antropica | 1          | n.d.        |
| Solventi clorurati                  | Antropica | 1          | 1           |
| Atrazina                            | Antropica | 1          | n.d.        |
| Carbamazepina (farmaco)             | Antropica | 1          | n.d.        |
| Fibre di amianto                    | Antropica | 1          | n.d.        |
| Cloriti                             | Antropica | 1          | 2           |
| Trialometani                        | Antropica | 1          | 2           |
| Nitrati                             | Antropica | 2          | 18          |
| Arsenico                            | Naturale  | 4          | 35          |
| Ferro, manganese, ammoniaca         | Naturale  | 1          | 23          |
| Cianotossine                        | Naturale  | 1          | 1           |
| Salmonella                          | Naturale  | 1          | 3           |
| Virus                               | Naturale  | 1          | n.d.        |

n.d. = non disponibile

**Tab. 1** – *Inquinanti emergenti risultanti dall'indagine*

Si osserva che 12 inquinanti (corrispondenti al 63% rispetto al totale) sono di origine antropica, mentre gli altri sono di origine naturale. Se si considera il numero di sistemi di approvvigionamento interessati dalla presenza di inquinanti emergenti e il numero di gestori che hanno segnalato la contaminazione, si osserva che gli inquinanti di maggiore rilevanza sono le sostanze perfluoroalchiliche, percloroetilene, tricloroetilene, nitrati, arsenico, ferro, manganese e ammoniaca.

La Figura 1 riporta la localizzazione dei sistemi di approvvigionamento idropotabile interessati dalla presenza di inquinanti emergenti, secondo quanto emerso dall'indagine.



**Fig. 1** – Localizzazione dei sistemi di approvvigionamento idropotabile interessati dalla presenza di inquinanti emergenti

Le principali fonti di approvvigionamento sono falde sotterranee e sorgenti. I principali trattamenti presenti negli impianti interessati da tali inquinanti emergenti sono: ossidazione, coagulazione, precipitazione, filtrazione, adsorbimento su carbone attivo, osmosi inversa e disinfezione.

Per quanto concerne la gestione del rischio, i gestori hanno applicato le procedure ISO 9001 e 14001 e, attualmente, quattro gestori stanno elaborando il Piano di Sicurezza dell'Acqua.

In merito agli aspetti di comunicazione, alcuni gestori hanno attuato campagne di informazione per gli utenti del servizio idrico, al fine di informarli in merito alla presenza degli inquinanti emergenti nell'acqua e agli interventi attuati.

Le principali criticità emerse in fase di gestione del rischio hanno riguardato l'assenza di limiti normativi per alcune sostanze inquinanti, come ad esempio i PFAS, e l'incremento dell'impegno a livello impiantistico, analitico, gestionale ed economico.

#### 4. Conclusioni

Dai primi risultati dell'indagine in corso riguardante le esperienze di gestione del rischio associato alla presenza di inquinanti emergenti nelle acque potabili è emerso che gli inquinanti segnalati dai 15 gestori sono prevalentemente di origine antropica (TCE, PCE, PFAS, atrazina, ecc.). Gli inquinanti sono considerati emergenti in quanto non vi sono soluzioni consolidate ed efficaci per la loro rimozione o, in alcuni casi, non era definito un chiaro limite normativo al momento dell'emergenza. L'attenzione dei gestori, nelle condizioni di emergenza, è stata rivolta non solo al monitoraggio continuo ma anche alla ricerca, in tempi rapidi, delle cause della contaminazione e alla pianificazione e attuazione di interventi per la gestione del rischio. Tra gli strumenti per la gestione del rischio messi in atto dai gestori, sono stati riportati da alcuni gestori le procedure ISO 9001/14001 e HACCP anche se l'approccio del Piano di Sicurezza dell'Acqua viene sempre di più visto con interesse da parte dei gestori in quanto strumento per la gestione e valutazione del rischio al fine di tutelare la salute umana. L'inda-

gine, tuttora in corso, prevede negli sviluppi futuri un inquadramento del tema esteso a tutto il territorio nazionale.

### **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano i gestori del servizio idrico che hanno contribuito all'indagine oggetto di studio e i membri del gruppo di lavoro "Inquinanti emergenti nelle acque ad uso umano" (<http://gdl-gringsan.unibs.it/inquinanti-emergenti>).

### **Bibliografia**

- [1] C. Lasagna. Gli inquinanti chimici emergenti nelle acque destinate al consumo umano. Convegno AICA, Genova, 2007. [www.fondazioneamga.org](http://www.fondazioneamga.org)
- [2] WHO, "Guidelines for Drinking-water Quality. Vol. 1, 3rd ed." (2004) World Health Organization, Geneva;
- [3] Commission Directive (EU) 2015/1787 of 6 October 2015 amending Annexes II and III to Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption;

# Il sistema idropotabile del Comune di Caprarola (VT). Approvvigionamento, trattamento e gestione

*Marilena Urbani*<sup>1</sup> [marilenaurbani@gmail.com](mailto:marilenaurbani@gmail.com), *Giulia Arcangeli*<sup>2</sup>, *Pier Luigi Morganti*<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Studio Urbani, <sup>2</sup>Studio Arcangeli. <sup>3</sup>Comune di Caprarola

## Riassunto

*Il sistema idropotabile del Comune di Caprarola è costituito da tre fasi principali: captazione, trattamento e distribuzione e serve una popolazione di circa 5.600 abitanti.*

*Le acque del Lago di Vico (fonte di approvvigionamento) presentano una rilevante contaminazione da cianobatteri, cianotossine e arsenico, pertanto si sono rese necessarie la realizzazione e l'adeguamento, di un idoneo sistema di trattamento.*

## Summary

*The drinking water system of Caprarola is made of three main phases: catchment, treatment and distribution and it serves a population of about 5.600 inhabitants.*

*The water of Vico Lake (source of water supply) presents a significant pollution due to the presence of cyanobacteria, cyanotoxins and arsenic, so it was necessary the creation and the adjustment, of a suitable treatment system.*

## 1. Introduzione

Il Comune di Caprarola (VT) utilizza come fonte di approvvigionamento idrico le acque captate dal Lago di Vico previo trattamento mediante un impianto di potabilizzazione.

IL Lago di Vico si trova a circa 4 km dall'abitato di Caprarola.

La situazione ambientale del Lago di Vico, in particolare la presenza all'interno del bacino lacustre dell'alga "plankthotrix rubescens" comunemente denominata alga rossa e di arsenico, comporta una particolare attenzione nel trattamento delle acque destinate al consumo umano. La rilevanza della presenza dell'alga rossa sotto il profilo igienico sanitario è difatti legata alla capacità di quest'ultima di produrre cianotossine e cianobatteri che possono essere rilasciate nell'acqua con effetti tossici per l'organismo umano.

In assenza di fonti di approvvigionamento alternative l'unica soluzione per ridurre il rischio di presenza di cianotossine, cianobatteri e arsenico nell'acqua ad uso umano rimane l'impiego di trattamenti adeguati.

L'impianto di trattamento negli anni ha subito ampliamenti e adeguamenti per far fronte alle caratteristiche dell'acqua da trattare ed alle esigenze idriche della popolazione.

La gestione del sistema idropotabile è effettuata direttamente dall'Amministrazione Comunale.

Per quanto riguarda la gestione operativa di parametri critici, quali cianotossine, cianobatteri non ricadenti nel D.Lgs 31/2001, è infine stato stipulato un Protocollo Sanitario tra la ASL di Viterbo e i Comuni di Caprarola e Ronciglione (altro utilizzatore delle acque del Lago).

## 2. Caratteristiche delle acque del Lago di Vico

Il Lago di Vico ha una superficie di circa 13 km<sup>2</sup> ed una profondità media di 22,2 m. Dalle analisi sulla qualità delle acque del lago condotte dal 2010 ad oggi si rileva la presenza di alcune specie cianobatteriche tra le quali la *Plankthotrix rubescens*, che risulta essere la specie dominante, seguita dalla *Aphanizomenon ovalisporum*. In particolare la specie cianobatterica *Plankthotrix r.* presenta un andamento ciclico con concentrazioni più elevate da novembre a maggio e una quasi totale assenza da giugno a ottobre, mentre la specie *Aphanizomenon o.* presenta un andamento quasi complementare con concentrazioni più elevate nei mesi estivi ed autunnali. Le concentrazioni rilevate nell'acqua grezza per la *Plankthotrix r.* si aggirano mediamente intorno a  $4 \cdot 10^6$  con punte fino a  $2,5 \cdot 10^8$ , mentre per la *Aphanizomenon o.* la concentrazione media rilevata si attesta intorno a  $3,6 \cdot 10^4$ . Dal momento che i valori rilevati della specie *Aphanizomenon o.* sono di almeno due ordini di grandezza inferiori rispetto alla *Plankthotrix r.* quest'ultima viene considerata la specie più critica.

Oltre alla presenza di specie cianobatteriche le analisi hanno evidenziato anche la presenza di cianotossine. Tra le tossine la specie dominante è la demetil-MC-RR e a seguire le cianotossine demetil-MC-LR e MC-RR. Le cianotossine demetil-MC-RR e demetil-MC-LR hanno un andamento correlato alla presenza delle specie *Plankthotrix r.* La concentrazione media della cianotossina demetil-MC-RR rilevata è di circa 0,6 mg/L con punte superiori a 3 mg/L, mentre la cianotossina demetil-MC-LR si attesta su valori inferiori, intorno a 0,05 mg/L. Infine è stata riscontrata anche la presenza di arsenico in concentrazioni di circa 14 mg/L.

## 3. Il sistema di approvvigionamento

Il sistema di approvvigionamento idrico del Comune di Caprarola si articola nelle tre fasi di captazione, trattamento e distribuzione.

La captazione avviene tramite un'opera di presa situata a circa 500 m dalla riva del lago ad una profondità di 11 m. La tubazione di adduzione è in polietilene ed ha una portata di circa 38 l/s. L'acqua viene prima inviata ad una stazione di pompaggio situata presso la riva del lago e di seguito ad un serbatoio di accumulo. Dal serbatoio di accumulo si dipartono due linee che arrivano all'impianto di trattamento ubicato in Località Monte Tosto.

L'impianto di potabilizzazione ha subito negli anni diverse modifiche anche sostanziali e ampliamenti per far fronte sia alle variazioni delle caratteristiche dell'acqua da trattare, sia alle esigenze idriche della popolazione.

Nel 2010 il trattamento era sostanzialmente costituito da un doppio stadio di filtrazione, a quarzite ed a carboni attivi, e clorazione finale. Erano presenti 4 filtri a quarzite e 2 filtri a carboni attivi articolati su due linee indipendenti funzionanti in parallelo con lavaggio dei filtri gestito manualmente.

Un primo intervento di adeguamento ha riguardato, nel 2011, il raddoppio dei filtri a carbone attivo che sono passati da 2 a 4 unità, l'aggiunta di un filtro a quarzite e l'installazione di un sistema di telecontrollo con gestione temporizzata del lavaggio dei filtri [1].

Nel 2012, sono stati poi aggiunti all'impianto, a valle dei filtri GAC, due filtri dearsenificatori. Come materiale filtrante è stato utilizzato idrossido ferrico granulare (GFO) [2].

Nel 2015, infine, data l'esigenza di migliorare le prestazioni dell'impianto per renderlo comunque efficiente anche nello scenario di peggioramento delle fioriture algali, si è deciso di dotare l'impianto di una sezione di chiariflocculazione a monte della filtrazione [3,4].

L'acqua in uscita dai filtri dearsenificatori viene convogliata ad un trattamento di disinfezione e di seguito al serbatoio ubicato in Località San Rocco da cui inizia la distribuzione.

La rete di distribuzione ha una lunghezza di circa 13 km, è realizzata in materiali diversi (ferro, ghisa, polietilene, vetrocemento) ed è rifornita da alcuni serbatoi in cemento distribuiti lungo la rete stessa.

#### 4. Impianto di trattamento Località Monte Tosto

L'impianto di potabilizzazione di Monte Tosto attualmente (a seguito degli interventi di cui sopra) prevede i seguenti trattamenti:

- chiariflocculazione;
- filtrazione rapida su sabbia;
- adsorbimento su carbone attivo
- adsorbimento su ossido ferrico granulare;
- disinfezione.

La sezione di chiariflocculazione è a sua volta suddivisa nelle fasi di: dosaggio del reagente, flocculazione e sedimentazione.

Il dosaggio e la relativa coagulazione sono effettuati in linea, mediante l'utilizzo di un mixer statico a 4 elementi miscelanti in grado di garantire una elevata omogeneizzazione del liquido. Come agente coagulante è stato scelto il cloruro ferrico poiché dalle prove alla scala di laboratorio ed alla scala semi-reale condotte dall'Università degli Studi di Brescia è emerso che nel caso specifico dell'acqua del Lago di Vico l'utilizzo di cloruro ferrico come coagulante consente di ottenere rese di rimozione migliori rispetto al policloruro di alluminio (PACl).

Nelle prove di laboratorio è stato anche definito il dosaggio ottimale che è di 12 mgFeCl<sub>3</sub>/L al pH di 6,4.

La successiva fase di flocculazione viene realizzata sfruttando la struttura di un flottatore esistente non più in uso all'interno dell'impianto. La vasca è stata ristrutturata in modo da avere un volume tale da garantire una durata della fase di flocculazione pari a 20 minuti e una agitazione lenta funzionale a favorire lo sviluppo del fiocco.

Per la sedimentazione necessaria alla chiarificazione dell'acqua dai fiocchi è stato scelto un sedimentatore a pacchi lamellari. La scelta dei pacchi lamellari è nata dall'esigenza di ottenere un elevato grado di separazione in tempi brevi e, non da ultimo, anche occupando volumi non eccessivamente ingombranti.

Il tempo di residenza nel sedimentatore non deve essere superiore a un'ora poiché dati di letteratura mostrano che utilizzare tempi lunghi nella sedimentazione può avere effetti negativi in quanto si aumenta il rischio di rilascio di tossine disciolte dai cianobatteri e dal fango sedimentato, inoltre in presenza di cianobatteri vivi e non bene catturati nei flocculi aumenta il rischio di "fuga" dai fiocchi stessi e quindi di rilascio degli stessi nel surnatante.

Il pacco lamellare è di tipo componibile realizzato tramite assemblaggio di lastre di PS (utilizzo alimentare) sagomate mediante termoforatura.

L'impianto è stato dimensionato per trattare una portata di circa 30 l/s.

Dall'analisi delle portate dell'impianto è emerso che queste oscillano tra 20 l/s nei mesi invernali e 38 l/s in quelli estivi. Poiché il periodo più critico per le fioriture algali è generalmente tra novembre e maggio, la scelta di dimensionare l'impianto su 30 l/s è sembrata la più opportuna, anche considerato che nei periodi estivi, con minore concentrazione di alghe, la sezione di chiariflocculazione può anche essere by-passata, in tutto o in parte limitando il trattamento alle sole successive fasi di filtrazione esistenti.

Le fasi successive del trattamento sono invece dimensionate per garantire il trattamento alla portata massima di 38 L/s, poiché queste vengono effettuate tutto l'anno.

La filtrazione rapida su sabbia è realizzata mediante cinque filtri del diametro di 180 cm in pressione funzionanti in parallelo. La stratigrafia dei filtri, a partire dal basso è costituita da: 20 cm di ghiaia, 5 cm di ghiaia fine, 110 cm di quarzite selezionata. Alla base di ciascun filtro sono stati inseriti dei diffusori a raggiera per favorire il deflusso alla base del filtro. Il contro-lavaggio dei filtri avviene in maniera temporizzata con frequenza di 2 giorni.

La filtrazione su sabbia consente la rimozione dei solidi sospesi e dei cianobatteri, mentre per la rimozione delle cianotossine viene utilizzato l'adsorbimento su carbone attivo granulare (GAC).

Nell'impianto sono presenti quattro filtri GAC del diametro di 180 cm in pressione funzionanti in parallelo. La stratigrafia dei filtri è simile a quella dei filtri a quarzite, con 110 cm di di carbone attivo granulare di origine vegetale sopra gli strati di ghiaia fine (5 cm) e di ghiaia (20 cm). Il controlavaggio dei filtri avviene in maniera temporizzata con frequenza di 4 giorni. A valle dei filtri GAC l'acqua viene sottoposta a un trattamento di rimozione dell'arsenico mediante adsorbimento su ossido ferrico granulare (GFO). Sono stati realizzati due filtri in pressione del diametro di 250 cm funzionanti in parallelo. La stratigrafia dei filtri, a partire dal basso è costituita da 20 cm di ghiaia, 5 cm di ghiaia fine e da uno strato di ossido ferrico di circa 100 cm (1.400 kg) in un filtro e di circa 150 cm (2.800 kg) nell'altro. La scelta di riempire un filtro con il doppio del GFO rispetto all'altro è stata effettuata per ottimizzare la capacità adsorbente del materiale.

Per poter meglio sfruttare la capacità adsorbente del materiale filtrante nonché per prolungarne la durata, i filtri sono fatti funzionare in parallelo secondo lo schema seguente:

- prima fase: entrambi i filtri funzionano e danno in uscita un effluente con concentrazione inferiore a 10 µg/L;
- seconda fase: il filtro con riempimento minore inizia ad esaurirsi e dà in uscita un effluente con concentrazione superiore a 10 µg/L, ma inferiore a 14 µg/L. Il filtro può continuare a funzionare finché la miscelazione con l'effluente in uscita dall'altro filtro consente di rimanere sotto i limiti di legge;
- terza fase: quando il filtro con riempimento minore sarà esaurito la concentrazione in uscita sarà uguale a quella in entrata ed il materiale dovrà essere sostituito. In questo filtro sarà meso il volume doppio e nell'altro, che non sarà ancora esaurito del tutto si potrà procedere fino al completo esaurimento;
- quarta fase: quando sarà esaurito anche il secondo filtro questo verrà riempito di nuovo con 1.400 kg.

In questo modo si potrà sfruttare tutta la capacità del materiale filtrante, aumentandone notevolmente la durata.

Il controlavaggio dei filtri viene effettuato con frequenza mensile.

In uscita dai filtri GFO l'acqua viene convogliata al trattamento di disinfezione. Il trattamento di disinfezione è effettuato su due linee: una disinfezione in linea e una disinfezione in vasca. In entrambe le linee la disinfezione è effettuata mediante dosaggio di ipoclorito di sodio al 14%, con dosaggio di 0,3 mg NaClO/L e correzione del pH con acido cloridrico.

## **5. Gestione operativa dei parametri critici**

La gestione operativa dei parametri critici, tra cui cianobatteri, cianotossine e arsenico è regolata da un Protocollo Sanitario tra la ASL di Viterbo e i Comuni di Caprarola e Ronciglione (altro utilizzatore delle acque del Lago).

I parametri indicativi di sicurezza sanitaria sono riportati nella legislazione vigente per quanto riguarda l'arsenico, mentre per le microcistine totali o equivalenti, ai sensi dell'art. 8 comma 3 del D.Lvo 31/01 si deve far riferimento ai valori introdotti dai Rapporti Itisan 11/35 p. 1 e 2. I suddetti valori sono stati introdotti dall'OMS, ma non sono ancora stati recepiti nella legislazione comunitaria e nazionale nonostante l'acquisizione preliminare dei pareri del Consiglio Superiore di Sanità e la avvenuta notifica alla Commissione Europea, esitata senza osservazioni aggiuntive [5].

Secondo il Protocollo Sanitario, il gestore (in questo caso l'Amministrazione Comunale) deve garantire l'erogazione di acqua conforme ai limiti di legge per tutti i parametri previsti dal D. Lvo 31/01 con particolare attenzione ai parametri arsenico, canobatteri e cianotossine, previo trattamento di potabilizzazione.

Per quanto riguarda i controlli di cianobatteri e cianotossine è stata stipulata una convenzione con l'Istituto Superiore di Sanità con la quale si condivide l'elaborazione di un unico rapporto

di prova esaustivo per tutte le specie algali, comprese le cianotossine totali e/o equivalenti con valore di soglia tossica equipollente a 1 µg/L, come previsto in modalità provvisoria dall'OMS. Tra gli obblighi del gestore, secondo il Protocollo Sanitario, c'è anche la predisposizione di un Water Safety Plan, nonché, nelle more dell'implementazione di quest'ultimo, la redazione di un piano di autocontrollo sempre secondo il modello WSP.

## **6. Azioni future**

Sono attualmente in fase di valutazione alcuni interventi di upgrading dell'impianto che però non andranno a toccare in maniera diretta il sistema di trattamento in essere.

Uno dei primi problemi da risolvere riguarda la gestione delle acque di controlavaggio che al momento vengono riversate nel piazzale sottostante i filtri non essendo presente una vasca di raccolta ad esse dedicata. La soluzione che si sta valutando riguarda la possibilità di realizzare una vasca di raccolta e sottoporre le acque ad un trattamento chimico fisico per la rimozione del ferro in eccesso. Dalle misure effettuate, infatti, è stato rilevato che non tutto il ferro dosato come cloruro ferrico in fase di chiariflocclazione precipita poi nel sedimentatore. Il ferro che non precipita rimane poi intrappolato nei filtri a quarzite dove si accumula per poi essere rilasciato durante i controlavaggi. Si sta valutando di installare un piccolo impianto chimico fisico costituito da una vasca a reazione dotata di mixer e sedimentatore. Nella vasca di reazione sarà dosato idrossido di sodio e polielettrolita. I fanghi potranno essere estratti e scaricati nei sacchi drenanti. Le acque chiarificate potranno invece essere rilanciate in testa. Il sistema a circuito chiuso evita il problema di realizzare un punto di scarico per acque reflue. Per quanto riguarda i fanghi, sia prodotti dall'ipotetica precipitazione del ferro, sia quelli prodotti dal sedimentazione a pacchi lamellari, al momento non è presente alcun sistema di disidratazione e stoccaggio. Si sta quindi valutando la possibilità di installare una stazione di disidratazione a sacchi drenanti. Lo scarico del sedimentatore potrà essere collegato ad una pompa comandata da un temporizzatore o da un trasduttore di pressione.

Per migliorare, infine, la qualità della flocculazione e ridurre le quantità di ferro dosate nell'acqua si sta valutando la possibilità di associare al cloruro ferrico anche un polielettrolita anionico. All'atto pratico si tratterebbe di installare una stazione di preparazione e dosaggio del polielettrolita, con preparazione automatica della soluzione a partire dal prodotto in polvere e una pompa dosatrice per l'iniezione.

## **7. Conclusioni**

Il Comune di Caprarola utilizza come fonte di approvvigionamento le acque captate da una sorgente superficiale (Lago di Vico) nelle quali è stata rilevata la presenza di alcuni inquinanti poco comuni, quali cianobatteri e cianotossine. La particolare presenza di tali sostanze ha comportato una particolare attenzione nel trattamento dell'acqua da destinare al consumo umano. L'impianto di trattamento in Località Monte Tosto ha subito nel tempo ampliamenti e modifiche anche sostanziali e di processo per far fronte caratteristiche dell'acqua da trattare e alle esigenze idriche della popolazione.

Allo stato attuale l'impianto sembra essere ben strutturato e la filiera di trattamento idonea alle caratteristiche dell'acqua da trattare.

Data la particolarità degli inquinanti presenti è stato stipulato un Protocollo Sanitario tra la ASL di Viterbo e i Comuni di Caprarola e Ronciglione (altro utilizzatore delle acque del Lago di Vico) per la gestione operativa dei parametri critici, con particolare attenzione a cianobatteri e cianotossine non direttamente normati dal D.Lvo 31/01. Il Comune di Caprarola ha in essere anche la predisposizione di Water Safety Plane.

Per rendere completare e rendere più efficiente l'impianto di potabilizzazione sono infine state proposte alcune implementazioni quali la gestione delle acque di controlavaggio e la realizzazione di un sistema di disidratazione dei fanghi prodotti nelle fasi di processo.

## **Bibliografia**

- [1] **Collivignarelli C., Sorlini S.**, “Potabilizzazione delle acque” Dario Flaccovio Editore;
- [2] **Collivignarelli C., Riganti V., Sorlini S.**, “L’arsenico nelle acque destinate al consumo umano” Dario Flaccovio Editore;
- [3] **AA.VV.**, “Management of a Toxic Cyanobacterium Bloom (*Planktobrix rubescens*) Affecting an Italian Drinking Water Basin: A case Study” Environmental Science & Technology;
- [4] **Hoeger S.J., Hitzfeld B.C., Dietrich D.R.**, “Occurrence and elimination of cyanobacterial toxins in drinking water treatment plants” Science Direct;
- [5] **Lucentini L., Ottaviani M.**, “Cianobatteri in acque destinate al consumo umano. Linee guida per la gestione del rischio” Vol. 1 e 2 Istituto Superiore di Sanità

# GLOBAL WATER EXPO

## WATER MANAGEMENT WITHIN THE CIRCULAR ECONOMY. RESOURCE RECOVERY FROM THE WATER CYCLE: MARKET, VALUE CHAINS AND NEW PERSPECTIVE FOR THE WATER UTILITIES AND CHEMICAL INDUSTRY

Viable and profitable value chains for resources recovered from the water cycle are the bottleneck towards a new circular perspective of water management. The activities in the water cycle are run by utilities, not used to commercially develop products and bringing these to a highly competing price, quality, service, security of supply market. The workshop aims to present frameworks that can be used to remove bottlenecks and enable successful resource recovery in other regions in Europe and beyond.

A cura di: **University of Verona, Ministry of Environment, UTILITALIA, IRSA-CNR, Horizon2020 SMART-Plant Consortium, International Water Association Resource Recovery Cluster, IWA Italia, EU WssTP, CTS ECOMONDO**

### **Presidenti di sessione:**

- Francesco Fatone, *Università degli Studi di Brescia, DICATAM*
- Gaia Checcucci, *General Director, Italian Ministry of the Environment and Protection of Land and Sea*
- Durk Krol/Martijn Bijmans - *The European Water Platform WssTP*
- Kees Roest, *European Innovation Partnership on Water (EIP-W), Action Group ARREAU, Accelerating Resource Recovery from the water cycle*



# Connubio tra interventi biotecnologici e trattamenti termochimici per la gestione ottimizzata dei fanghi di depurazione

[Massimo Monteleone presidente@consorzioeden.it](mailto:MassimoMonteleone@consorzioeden.it) [massimo.monteleone@unifg.it](mailto:massimo.monteleone@unifg.it)

Matteo Francavilla

Consorzio E.D.E.N. S.c.r.l., Università di Foggia, STAR\*AgroEnergy Group, Foggia

Gian Maria Gasperi, Mauro Genovese

Consorzio E.D.E.N. S.c.r.l., A.FO.R.I.S. Impresa Sociale, Foggia

Michele De Stasio

Consorzio E.D.E.N. S.c.r.l., Tekna Energy, Foggia

Giovanni De Cristofaro, Rosita Bortone, Gianfranco Varlaro

De Cristofaro Srl, Lucera (FG)

## Riassunto

*Con riferimento alla regione Puglia, la gestione dei fanghi rappresenta, oggi, una delle maggiori criticità degli impianti di depurazione delle acque, sia per i costi molto elevati in ragione soprattutto dalle operazioni finali di smaltimento o recupero fuori sito, sia per la difficoltà di avere disponibilità di siti idonei nell'ambito del territorio regionale. Il Consorzio E.D.E.N. si è aggiudicato di recente, in RTI con il Gruppo DE CRISTOFARO, il band "pre-procurement" emanato dalla Regione Puglia per l'affidamento dei servizi di ricerca industriale e sviluppo sperimentale per nuovi sistemi di gestione dei fanghi di depurazione delle acque reflue urbane. Le soluzioni innovative prototipali sono basate sul trattamento microbiologico assistito per la riduzione del volume dei fanghi (inoculo di ceppi fungini nel comparto biologico di depurazione) e sul trattamento termochimico (pirolisi) per la valorizzazione dei fanghi e la produzione di biochar (prezioso sia per l'agricoltura che per la mitigazione dei cambiamenti climatici).*

## Summary

*With reference to the Apulia region, the sludge management is, today, one of the major critical issues in the wastewater treatment, for both the very high cost (mainly due to the final disposal or the recovery of sludge off-site) and the difficulty of suitable sites available inside the region. The E.D.E.N. Consortium, in partnership with Gruppo De Cristofaro, recently won a "pre-procurement" public call, issued by the Apulia Region, assigning industrial research services to develop new management and technological treatment systems of urban wastewater sludge. The prototype solutions are based on an assisted microbiological treatment for reducing the sludge volume (inoculum of fungal strains in the biological sewage compartment) and on a thermochemical treatment (pyrolysis) for the production of biochar (valuable both in agriculture and in climate change mitigation).*

## 1. Introduzione

Il problema inerente al trattamento dei fanghi di depurazione delle acque di scarico, nonché la complessità delle diverse fasi di gestione dei fanghi generati, sono ormai avvertiti come

aspetti preoccupanti di un'effettiva emergenza ambientale. Nel nostro Paese, il recepimento progressivo delle norme comunitarie ha determinato la tendenza ad una produzione crescente di fanghi, conseguente alla necessità di operare trattamenti più spinti in relazione ai limiti di legge sempre più severi. Urge emanciparsi progressivamente da sistemi convenzionali (sempre più difficilmente praticabili e scoraggiati dalle nuove normative in vigore) ed affrontare con risolutezza l'implementazione di sistemi innovativi che consentano di passare dalla logica dello "smaltimento" a quella del "recupero" e del "riutilizzo" di materia ed energia. L'aumento, inoltre, dei costi operativi a fronte di continue e sempre maggiori difficoltà di allocazione dei fanghi in ambito agricolo, in discarica o verso forme di incenerimento tradizionali, pone l'obiettivo di ridurre la quantità dei fanghi. Tale esigenza risponde, tra l'altro, allo spirito della direttiva europea su rifiuti (91/156 CE) che ha introdotto la nozione di gerarchia delle soluzioni e in cui la riduzione dei rifiuti alla fonte viene individuata come prioritaria.

In termini schematici, i punti salienti che definiscono il quadro d'insieme appena tracciato possono essere così riassunti:

- La generazione e l'accumulo dei fanghi di depurazione è una diretta ed inevitabile conseguenza dei processi di depurazione.
- La presenza dei fanghi sul territorio, in termini di trattamento e smaltimento finale, rappresenta un problema complesso, in termini gestionali, economici, ambientali, sociali.
- Ad una evoluzione più severa e restrittiva delle normative ambientali corrisponde una maggiore complessità nel gestire, sul piano tecnico-economico e della sostenibilità ambientale, le diverse soluzioni sinora adottate sul territorio per lo smaltimento e la collocazione finale dei fanghi.
- Poiché la produzione dei fanghi tende ad aumentare con l'introduzione di norme ambientali più restrittive, ne consegue l'evidente opportunità economica e sociale di avviare sul territorio, attraverso criteri e tecnologie disponibili di tipo innovativo, un programma alternativo di interventi, finalizzati alla riduzione della produzione dei fanghi ed al loro riutilizzo produttivo.
- Le tecnologie disponibili per ridurre e contenere utilmente la produzione dei fanghi rientrano in una particolare logica progettuale di prevenzione (Dir. CE 2008/98), estendibile sia agli aspetti qualitativi dei fanghi che ai rendimenti della depurazione.

## 2. Relazione

### 2.1. Definizione della soluzione innovativa proposta

L'idea del prototipo nasce da una profonda ispirazione ecologico-ambientale e dal convincimento che i processi industriali debbano, senza ulteriori indugi, sintonizzarsi con questa modalità di approccio. Le tecnologie proposte, da un lato, nel corso del processo depurativo, ottimizzano la qualità dei fanghi e ne riducono le quantità da trattare, dall'altro, consentono di recuperare materia dal processo a valle della depurazione. Pertanto l'azione proposta può essere ripartita su due fronti complementari:

1) A monte della linea acque, ovvero durante la fase depurativa, inoculazione di ceppi fungini e *bacillus*.

2) A valle della linea fanghi, ovvero all'uscita dei fanghi dall'impianto di depurazione, conversione termica del fango mediante trattamento pirolitico, ottenimento del *syngas* (da un lato) e di un residuo carbonioso solido (dall'altro).

Schematicamente, in merito alla soluzione proposta, è possibile identificare le seguenti prerogative:

- Si tratta dell'integrazione funzionale di due distinte tecnologie. Le due tecnologie, pur operando sinergicamente, sono adottate in sequenza, venendo ad interessare, rispettivamente, la "linea acque" a monte del trattamento depurativo e la "linea fanghi" a valle del medesimo.

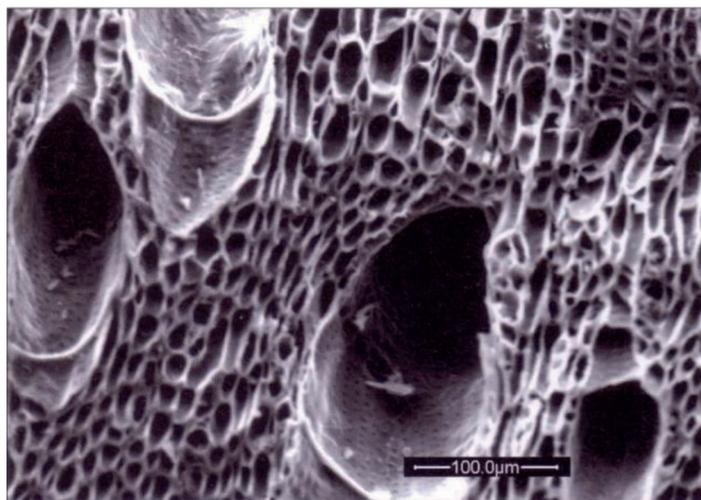
- La prima tecnologia consiste nello sviluppo di un prodotto biotecnologico costituito da ceppi fungini e *bacillus* da impiegarsi nel corso della depurazione a base di fanghi attivi, in grado di ridurre la formazione del fango (in massa e volume), favorire l'abbattimento del carico inquinante, diminuire i consumi di energia.
  - La seconda tecnologia consiste nello sviluppo di un processo pirolitico che opera la degradazione termica del fango, l'ottenimento del "char" (carbone) e la sua successiva attivazione chimica. Questo processo consente la riconversione dei fanghi in "carbone attivo" [1], [2], [3], [4], prodotto finale avente valore commerciale. Trattasi, pertanto, di un processo che riguarda il recupero di materia in piena attuazione della strategia che conduce all'eliminazione del rifiuto ("zero waste").
  - Fra gli utilizzi di questo prodotto finale (il carbone attivo) è possibile prevedere il suo impiego a monte della linea acque dello stesso impianto depurativo, ad esercitare un'azione congiunta al *mix* fungino che contraddistingue la prima soluzione tecnologica, quella di tipo biotecnologico (indicata al punto 3). Lo stesso prodotto può essere impiegato a valle della linea fanghi, nei processi di stabilizzazione e condizionamento. Il carbone attivo può essere ulteriormente impiegato anche nei trattamenti di affinamento delle acque a valle del processo ossidativo biologico così come materiale filtrante nel trattamento dei fumi di scarico provenienti dal pirolizzatore.
  - Si ottiene in tal modo un effetto retroattivo ("feedback") che rende ragione della sinergia fra le due tecnologie, rispettivamente quella biotecnologica e quella pirolitica; ciò consente di prefigurare un rilevante miglioramento dell'efficacia complessiva del processo depurativo in virtù dell'azione combinata delle due tecnologie.
  - Il medesimo *char* (convenientemente libero da contaminazioni in virtù del trattamento acido di *leaching* a cui è sottoposto nel processo di attivazione chimica) può essere impiegato, in totale sicurezza, come efficace ammendante dei suoli agrari, migliorandone i caratteri di fertilità, sia sotto l'aspetto fisico-strutturale che in relazione alla disponibilità di elementi minerali e nutritivi, a tutto vantaggio delle colture agrarie. Tale ammendante è oggi conosciuto col termine di "biochar" ed è considerato strumento impareggiabile di sequestro del carbonio atmosferico (*carbon sequestration*) con effetto significativo nella mitigazione dei fenomeni di cambiamento climatico, ovvero di contrasto ai processi di riscaldamento globale terrestre [5], [6], [7].
- La Figura 2 illustra l'intero processo di depurazione delle acque reflue ed evidenzia l'inserimento delle due tecnologie innovative (quella microbiologica e pirolitica, rispettivamente) nonché le possibili utilizzazioni del "carbone attivo" ottenuto come prodotto finale di trasformazione dei fanghi.

## 2.2. Trattamento microbiologico per la riduzione del volume dei fanghi

Si propone l'inoculo di ceppi fungini (ed alcuni ceppi di *bacillus*) all'interno del sistema di depurazione. Si tratta di ceppi capaci di stabilire un rapporto di simbiosi con i ceppi batterici presenti nell'impianto. I funghi sono dotati di un corredo enzimatico altamente efficiente, ciò che permette un'accelerazione dei processi di degradazione ed una più efficace utilizzazione della frazione organica. Rispetto ai batteri aerobi, generalmente presenti nella biomassa di un sistema a fanghi attivi, i ceppi fungini d'interesse possono operare con un metabolismo secondario di tipo fermentativo. Questi andrebbero ad affiancare la biomassa aerobica eterotrofa, dotata di metabolismo respiratorio. Il complesso fungino si pone ben presto in equilibrio con il sistema batterico preesistente cedendo allo stesso gli enzimi che ottimizzano le capacità depurative del batterio; a sua volta quest'ultimo cede al fungo le sostanze nutritive per la sua sopravvivenza. In ciò si concretizza il rapporto simbiotico.



in uscita dal pirolizzatore ed all'interno della cosiddetta "camera di combustione". Il calore sprigionato dal processo è in grado di sostenere le richieste energetiche connesse all'essiccazione dei fanghi così come quelle utili alla degradazione pirolitica. La frazione solida residua (*char*) ha le caratteristiche chimico-fisiche del carbone che può andare incontro ad un successivo processo di attivazione chimica (tramite lisciviazione acida) attraverso cui si ottiene il contestuale allontanamento dei metalli pesanti eventualmente presenti. Il prodotto commerciale a cui si punta e quindi rappresentato dal "carbone attivo", in forma granulare ovvero polverulenta a seconda delle esigenze interne di AQP. Lo stesso materiale, opportunamente granulato ed eventualmente arricchito con composti umici e sostanze ad azione bio-stimolante, può eventualmente costituire la base per la preparazione di un ammendante dei suoli agrari, prodotto speciale per l'agricoltura.



**Fig. 2** - Immagine della struttura microscopica del "char" ottenuto da trattamento pirolitico. Foto ottenuta impiegando un microscopio elettronico a scansione (SEM).

#### 2.4. Considerazioni in merito ai caratteri innovativi della proposta

Il sistema *fanghi-pirolisi-char* consente di evidenziare schematicamente i seguenti aspetti di grande rilevanza tecnica, economica, ambientale e sociale.

- Non si genera alcuna forma di rifiuto che occorra destinare a discarica ("zero waste").
- Non si origina alcuna forma di scarto o sottoprodotto di cui si debba procedere a smaltimento.
- Il processo si auto-sostiene energeticamente e non richiede costi energetici diretti od aggiuntivi.
- Si ottiene la disponibilità finale di un prodotto commerciale (il "carbone attivo") largamente impiegato nei processi di depurazione delle acque.
- Il medesimo prodotto offre a considerare anche una specifica valenza agronomica in qualità di ammendante organico speciale, capace di migliorare sensibilmente un'ampia gamma di caratteristiche di fertilità del suolo ed esaltarne la produttività.
- Il trattamento termico elimina ogni preoccupazione in merito alla possibilità che siano ancora presenti microrganismi patogeni (per le piante agrarie e per l'uomo).
- Il trattamento di attivazione chimica del *char* ottenuto dai fanghi consente anche l'allontanamento in soluzione acida dei metalli pesanti eventualmente presenti nei fanghi.
- il *char* ed il *biochar* rappresentano forme di cattura, immobilizzazione e sequestro del carbo-

nio atmosferico. A questo riguardo, essi rappresentano preziosi strumenti di mitigazione dei cambiamenti climatici.

### 3. Conclusioni

Come è stato possibile verificare, il sistema *fanghi-pirolisi-char* manifesta una pluralità di vantaggi ed estende i suoi benefici ad interessare più settori produttivi, così come la collettività nel suo complesso. I vantaggi tecnologici così delineati favoriscono la società che gestisce il trattamento dei fanghi, i vantaggi inerenti all'incremento di fertilità del suolo sono a beneficio della categoria degli imprenditori agricoli, i vantaggi di carattere ambientale e climatico sono appannaggio dell'intera collettività che, in tal modo, beneficia di esternalità positive di rilevante interesse. Occorre rimarcare che, sebbene in termini indiretti, la collettività si avvantaggia di ulteriori esternalità positive lì dove pratiche non appropriate di trattamento e smaltimento dei fanghi spesso generano impatti ambientali gravi che, con l'adozione di queste tecnologie innovative, potrebbero cessare di manifestarsi.

### Bibliografia

- [1] Wen-Hong Li, Qin-Yan Yue, Bao-Yu Gao, Zuo-Hao Ma, Yan-Jie Li, Hai-Xia Zhao. 2011. Preparation and utilization of sludge-based activated carbon for the adsorption of dyes from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal*, 171, 1, 320–327.
- [2] Mahapatra K., Ramteke D.S., Paliwal L.J., 2012. Production of activated carbon from sludge of food processing industry under controlled pyrolysis and its application for methylene blue removal. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 95, 79–86.
- [3] Xiaoning Wang, Nanwen Zhu,, Bingkui Yin, 2008. Preparation of sludge-based activated carbon and its application in dye wastewater treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 153, 22–27.
- [4] De Filippis P., Di Palma L., Petrucci E., Scarsella M., Verdone N., 2013. Production and characterization of adsorbent materials from sewage sludge by pyrolysis. *Chemical Engineering Transactions*, 32, 205-210.
- [5] Xiaofei Tan, Yunguo Liu, Guangming Zeng, Xin Wang, Xinjiang Hu, Yanling Gu, Zhongzhu Yang, 2015. Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions. *Chemosphere* 125, 70–85.
- [6] Barrow C.J., 2012. Biochar: Potential for countering land degradation and for improving agriculture. *Applied Geography*, 34, 21-28.
- [7] Ahmad M., Rajapaksha A.U., Lim J.E., Zhang M., Bolan N., Mohan D., Vithanage M., Lee S.S., Ok Y.S., 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere* 99, 19–33.

# GLOBAL WATER EXPO

## READY-TO-MARKET RESOURCE RECOVERY TECHNOLOGIES. SCALE-UP OF LOW-CARBON FOOTPRINT MATERIAL RECOVERY TECHNIQUES FOR UPGRADING EXISTING WASTEWATER TREATMENT PLANTS: THE SMART-PLANT HORIZON2020 INNOVATION ACTION

A number of wastewater treatment unit processes have reached the proof of concept and, in order to succeed, will be able to cross the “valley of death” only if a real value is captured and demonstrated, so as to be financed for widespread application. In light of this, the key for innovation uptake stands in upgrading the existing WWTPs by integrating case-adequate novel operation units without revolutionizing the existing system, thus requiring an initial investment of € 15-20 per inhabitant with one-year payoff through potential cumulative savings of € 17-18 per inhabitant per year. The Horizon2020 SMART-Plant project will reach this target and support the water sector to improve and ensure environmental protection, become more adaptive, and respond to contemporary environmental and societal challenges by introducing innovative technological solutions, moving towards resource recovery approaches in wastewater management. To reach this goal, SMART-plant will scale-up and demonstrate eco-innovative solutions to upgrade existing WWTPs. This workshop presents the key enabling technologies that will be implemented and verified at demo or full scale in Italy, United Kingdom, Netherlands, Israel and Spain within the SMART-Plant project.

A cura di: **University of Verona, Ministry of Environment, UTILITALIA, IRSA-CNR, Horizon2020 SMART-Plant Consortium, International Water Association Resource Recovery Cluster, IWA Italia, EU WssTP, CTS ECOMONDO**

### **Presidenti di sessione:**

- Francesco Fatone, Coordinator of the Horizon2020 SMART-Plant action and CTS Ecomondo *Università degli Studi di Brescia, DICATAM*
- Willy Verstraete, *International Water Association - Chair of the Resource Recovery Cluster*



# Recupero di energia e materia dalle acque di vegetazione di frantoio

*Salvatore Andrea Nardo [salvatoreandrea.nardo@gmail.com](mailto:salvatoreandrea.nardo@gmail.com), Alberto Mannucci, Giulio Munz, Università di Firenze, Firenze.*

## Riassunto

*Presso un frantoio è stato testato un processo di evaporazione/condensazione (E/C) da applicare alle acque di vegetazione. In uscita dall'impianto E/C si ottiene un flusso condensato, caratterizzato da un carico organico pari circa al 10% di quello in ingresso, totale assenza di nutrienti e un flusso concentrato ricco in solidi (25% in secco). È stata verificata la possibilità di smaltire il condensato con processi biologici e la possibilità di estrarre polifenoli dal concentrato allo scopo di ri-utilizzarli nell'industria alimentare e della cosmesi. Inoltre, mediante test batch specifici, stata verificata la possibilità di ottenere biogas dal trattamento anaerobico del concentrato. L'applicazione del processo E/C risponde sia a esigenze depurative che al recupero di energia (produzione biogas) e di materia (estrazione polifenoli).*

## Summary

*An evaporator/condenser (E/C) device was tested in an olive mill to be applied to the olive mill wastewater. The E/C device produces a condensate stream, characterized by a 10% of the initial vegetation water organic load, total absence of nutrients and a concentrated stream rich in solids (25% dry). It was checked the possibility to treat condensate with biological processes and also the possibility to extract polyphenols from the concentrate in order to re-use them in the food and cosmetic industries. Furthermore, using specific batch tests, it was tested the possibility to obtain biogas from the anaerobic treatment of the concentrate. The E/C process allows both the treatment of the olive mill wastewater and the energy (biogas production) and matter (polyphenols) recovery*

## 1. Introduzione

La produzione di olio di oliva è un'attività importante per quasi tutti i paesi dell'area mediterranea soprattutto Spagna, Italia, Grecia, Turchia, Tunisia, Portogallo, Marocco. Oggi si sta assistendo a un forte sviluppo produttivo anche in altre nazioni che storicamente non hanno una grande tradizione nella produzione di olio d'oliva come ad esempio Stati Uniti (soprattutto in California), Australia, Cile, Messico.

La gestione delle acque di vegetazione derivanti dalla produzione di olio d'oliva rappresenta un serio problema ambientale per questi paesi a causa della difficile trattabilità di questo specifico refluo. Le caratteristiche che influenzano in maniera negativa la trattabilità di questo refluo sono l'alto carico organico che va dai 50 ai 180 g/L, il pH acido compreso tra valori di 4 e 5 e la bassa biodegradabilità dovuta alla presenza di composti fitotossici come polifenoli, lipidi e acidi organici [1] [2]. Inoltre un ulteriore fattore negativo è rappresentato dalla stagionalità della produzione che è solitamente limitata a 2-3 mesi l'anno con una produzione mondiale totale di refluo dell'ordine di  $10^7$  m<sup>3</sup> ogni anno [3] [4].

Diversi metodi di smaltimento e trattamento delle acque di vegetazione sono stati studiati e sviluppati durante gli anni senza però soddisfare pienamente le limitazioni imposte dalle normative e le richieste di basso costo di investimento e gestione degli impianti.

Il dipartimento di ingegneria civile ed ambientale dell'Università di Firenze ha dunque proposto un nuovo dispositivo, un evaporatore/condensatore delle acque di vegetazione che ottiene in uscita due frazioni, un condensato e un concentrato. Il dispositivo a scala reale è stato installato all'interno del frantoio Santa Tea a Reggello in provincia di Firenze.

Rispetto alle acque in ingresso al sistema, viene mediamente prodotto fino al 95% in volume di condensato con un carico organico molto limitato rispetto all'input dell'acqua di vegetazione (1-2.5 g COD/L) e un'alta biodegradabilità. Il residuo 5% è un concentrato in cui sono raccolte tutte le sostanze inquinanti. L'obiettivo di questo studio è dimostrare l'alta biodegradabilità e la trattabilità del condensato in modo da ottemperare ai limiti imposti dalla normativa per lo scarico in fognatura o in corpi idrici superficiali. Per fare questo sono stati eseguiti test utilizzando sistemi MBR, SBR e impianti di fitodepurazione. In particolar modo si discuterà anche del potenziale recupero di energia dal concentrato attraverso trattamento anaerobico e recupero di materia grazie all'estrazione di polifenoli [5].

## 2. Relazione

### 2.1. Metodi

All'interno del frantoio Santa Tea di Reggello sono stati costruiti due impianti pilota di fitodepurazione CWs per il trattamento del condensato in uscita dall'evaporatore/condensatore. Lo scopo è quello di raggiungere i limiti per lo scarico in fognatura previsti dalla normativa italiana. Le due vasche sono a flusso orizzontale (HF) e a flusso verticale (VF) e possono trattare un flusso giornaliero pari a 500 L/d di condensato. Entrambi hanno una superficie  $A_s$  pari a 10 m<sup>2</sup>. Il tempo di ritenzione idraulica HRT dell'HF è di circa 3-4 giorni. Il carico idraulico HLT dell'VF è di 50 mm/d. All'interno del fitodepuratore a flusso orizzontale è stato deciso di installare un filtro a carboni attivi; in particolare la zona interessata dai carboni è quella terminale, prima dell'uscita nel pozzetto di scarico in modo tale da garantire un trattamento biologico del condensato in ingresso e successivamente l'adsorbimento sul carbone attivo. I due impianti sono stati inoculati con 10 L di fango attivo proveniente da un impianto di depurazione di acque industriali con presenza di tannini (Impianto Cuoidepur s.p.a., San Miniato (PI)). Sono stati dosati macronutrienti (N: 50 g/m<sup>3</sup>, P: 7 g/m<sup>3</sup>) e micronutrienti a causa della loro scarsa presenza nel condensato.

Inoltre sono stati testati due identici reattori SBR: volume totale pari a 3.6 L riempiti con 1.2 L di condensato, facendo 6 cicli al giorno. Il tempo di ritenzione idraulico HRT è pari a 12 ore con una concentrazione di ossigeno disciolto mantenuta superiore a 2.5 mg/L. Il fango in eccesso è stato rimosso in modo da ottenere un tempo di redenzione dei solidi pari a 5 giorni nei due reattori. Un reattore SBR2 è stato riempito con cubetti di poliuretano espanso in modo da confrontare la rimozione di COD tra sistemi a biomassa adesa e sospesa. Anche per gli SBR, come per le vasche di fitodepurazione si è proceduto con lo stesso tipo di inoculo e aggiunta di macro- e micro-nutrienti.

È stata testata l'efficacia di un impianto MBR per l'abbattimento del COD residuo nel condensato. L'impianto pilota è costituito da una vasca di ossidazione con volume di 30 L e da un settore separato contenente le membrane, da cui si ha l'uscita del refluo chiarificato e il ricircolo dei fanghi secondo lo schema seguente.

Il tempo di ritenzione idraulico HRT è di 1 giorno e anche in questo caso sono stati aggiunti macro- e micro-nutrienti come pure idrossido di sodio per portare il condensato a valori di pH neutrali.

Relativamente al concentrato, sono stati effettuati test di digestione anaerobica a scala banco utilizzando il sistema Oxitop che si basa sulla stima della produzione di biogas a partire dall'incremento di pressione all'interno dei volumi di controllo, contenenti il fango e i substrati da digerire. Le bottiglie sono state mantenute all'interno di una camera termostata alla temperatura di 35°C e la miscela è mantenuta omogenea dalla miscelazione data da agitatori magnetici. Le bottiglie sono state inoculate con digestato di un digestore anaerobico di fanghi civili. In ogni test è stato aggiunto acetato di sodio in modo da avere un rapporto F/M=0.4. Sono stati fatti tre test aggiungendo 0%, 10% e 20% in COD di concentrato alla miscela in modo da valutare le differenze di produzione di biogas.

Relativamente all'utilizzo dei polifenoli nell'industria alimentare, l'European Food Safety Authority (EFSA) ha già confermato gli effetti benefici sugli esseri umani dei biofenoli presenti nelle acque di vegetazione. Le acque di vegetazione tal quali e il concentrato prodotto dal sistema E/C sono stati sottoposti ad un trattamento di estrazione dei polifenoli, di proprietà della società Levius Vita Food srl, allo scopo sia di verificare la fattibilità tecnico-economica del processo che di caratterizzare i polifenoli estratti.

## 2.2. Risultati

Le prove di fitodepurazione mostrano, in entrambe le configurazioni testate, rimozioni di COD del condensato soddisfacenti, con performance leggermente migliori per CW HF (92% di rimozione di COD) rispetto al CW VF (88% di rimozione di COD).

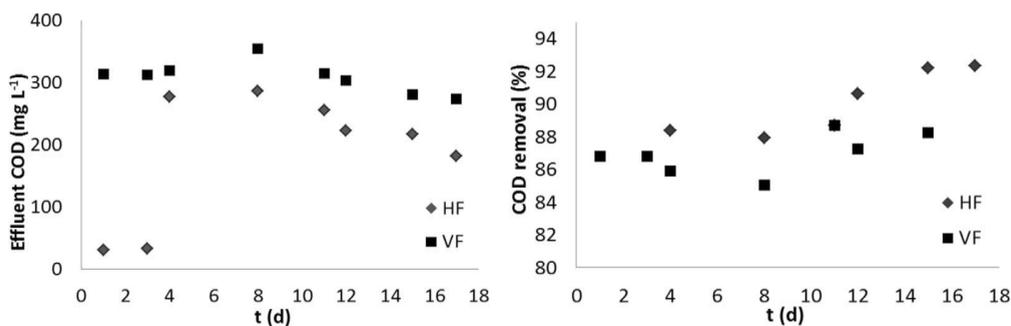


Fig. 1 – Concentrazione e rimozione percentuale del COD nell'effluente delle unità fitodepurative

Confrontando i risultati dei due SBR non ci sono significative differenze di rimozione tra i due reattori che raggiungono entrambi l'88% di rimozione del COD dal condensato dimostrando la sua alta biodegradabilità.

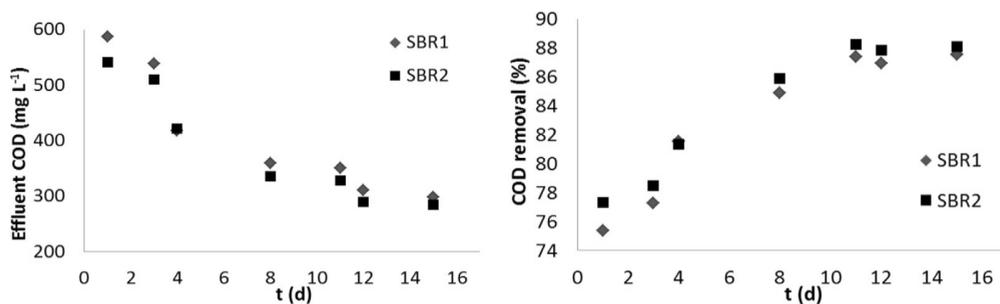


Fig. 2 – Concentrazione e rimozione percentuale del COD nell'effluente degli SBR

I risultati dei test con impianto pilota MBR mostrano una biodegradabilità di circa del 95% del condensato e concentrazioni del COD nell'effluente minori al limite per lo scarico in corpi idrici ricettori.

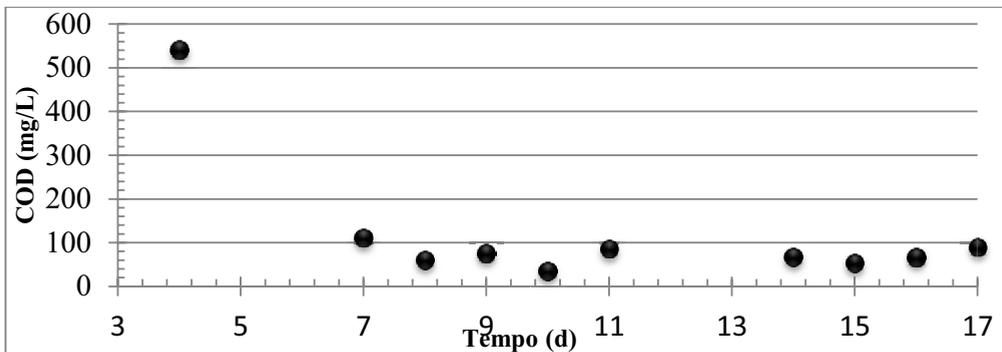


Fig. 3 – Concentrazione COD nell'effluente dell'impianto MBR

I test di digestione anaerobica del concentrato mostrano che già con aggiunta del 20% in COD di concentrato si riscontrano i primi effetti inibitori. Con aggiunta del 10% in COD di concentrato l'andamento della curva all'inizio del test è completamente sovrapponibile al test condotto in assenza di concentrato. L'effetto inibitorio è sottolineato dalla differenza di sovrappressione che si ha nelle prime ore del test all'interno dei batch e che è riassunto nella tabella seguente.

| % Concentrato | Sovrappressione [hPa/d] |
|---------------|-------------------------|
| 0%            | 85.40                   |
| 10%           | 87.85                   |
| 20%           | 6.73                    |

Tab. 1 – Sovrappressioni all'interno dei batch nei test di digestione anaerobica del concentrato.

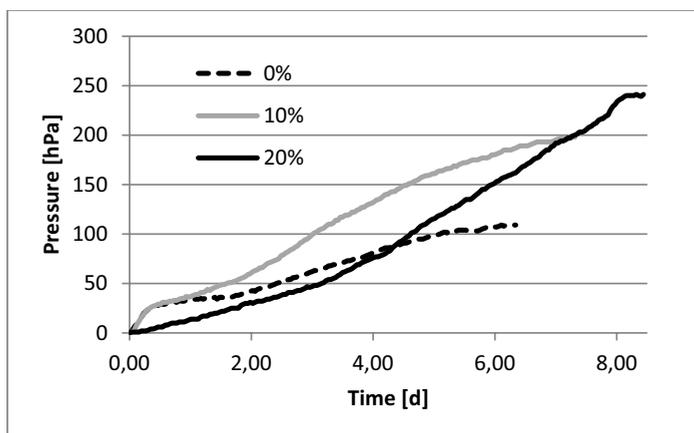


Fig. 4 – Curve cumulate delle sovrappressioni dei test batch di digestione anaerobica del concentrato

Ovviamente sul lungo periodo la sovrappressione, e proporzionalmente la produzione di biogas, è maggiore nei batch in cui si ha più sostanza organica da degradare.

I risultati medi relativi all'estrazione dei polifenoli dalle acque di vegetazione tal quali e dal concentrato prodotto dal sistema E/C sono riportati nella seguente tabella.

| Composto   | Acqua di vegetazione | Concentrato |
|--|----------------------|-------------|
| OH-Tirosolo (mg ml <sup>-1</sup> )                     | 5.20                 | 4.20        |
| OH-Tirosolo e tirosolo derivati (mg ml <sup>-1</sup> ) | 2.13                 | 1.98        |
| Verbascoside derivato (mg ml <sup>-1</sup> )           | 1.39                 | 1.50        |

**Tab.2** – Concentrazione dei principali biofenoli nelle acque di vegetazione e concentrato

L'applicazione del processo di E/C alle acque di vegetazione permette quindi l'estrazione di quantità di polifenoli simili a quelle che possono essere estratte dalle acque di vegetazione tal quali. Relativamente all'applicabilità del processo è stato verificato come, una volta superata la fase critica della gestione di grossi volumi di acque in un arco di tempo ristretto, il concentrato possa agevolmente essere lavorato e portato a prodotto finito in idoneo stabilimento durante tutto il restante corso dell'anno. Il prodotto finale, in formulazione liquida o polvere, arriva ad avere una concentrazione di polifenoli accettabile per il mercato del food and beverage (30-60 g kg<sup>-1</sup>).

### 3. Conclusioni

Questo studio ha dimostrato che l'installazione di un impianto di evaporazione/condensazione per il trattamento di acque di vegetazione provenienti da frantoi è una soluzione vantaggiosa sia per il trattamento del refluo, sia per il recupero di materia ed energia. I due impianti pilota di fitodepurazione, i test SBR ed i test MBR hanno confermato una biodegradabilità del condensato di circa il 92%. Con ognuno dei tre tipi di trattamento testati a valle dell'E/C si riesce ad avere una rimozione del COD tale da permettere lo scarico in fognatura, dunque con una concentrazione di COD nel refluo inferiore ai 500 mg/L. L'impianto MBR permette lo scarico in corpo idrico ricettore con concentrazioni di COD nell'effluente inferiori a 100 mg/L. Per quanto riguarda il concentrato in uscita dal E/C, che attualmente viene trattato con le sanse derivanti dalla lavorazione delle olive, i test di digestione anaerobica mostrano una produzione di biogas senza significativa inibizione fino ad un rapporto tra COD del concentrato e COD totale della miscela di alimentazione acetato/concentrato (A/C) di 0.1. Si è dimostrata inoltre come le concentrazioni di biofenoli con effetti benefici sulla salute umana presenti nel concentrato possano portare ad una lavorazione dello stesso. Il prodotto finale, in formulazione liquida o polvere, arriva ad avere una concentrazione di polifenoli accettabile per il mercato del food and beverage (30-60 g kg<sup>-1</sup>).

### Bibliografia

- [1] Filidei S., Masciandaro G., Ceccanti B., 2003. Anaerobic digestion of olive mill effluent: evaluation of wastewater organic load and phytotoxicity reduction. *Water Air Soil Pollut.* 145, 79–94.
- [2] Roig, A., Cayuela, M.L., Sanchez-Monedero, M.A., 2006. An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Manage.* 26, 960–969.
- [3] Yalcuk, A., Pakdil, N.B., Turan, S.Y., 2010. Performance evaluation on the treatment of olive mill waste water in vertical subsurface flow constructed wetlands. *Desalination* 262, 209–214.
- [4] Benitez, F.J., Beltran-Heredia, J., Torregrossa, J., Acero, J.L., 1997. Aerobic degradation of olive mill wastewater. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 47, 185–188.
- [5] Masi F., Bresciani R., Munz G., Lubello C., 2014. Evaporation–condensation of olive mill wastewater: Evaluation of condensate treatability through SBR and constructed Wetlands. *Ecological Engineering* 80 (2015) 156–161.

# Lca to evaluate impacts and solutions on sludge treatment

*Paolo Piccinno*<sup>1</sup>, [p.piccinno@pierreproject.it](mailto:p.piccinno@pierreproject.it), *Teodoro Gallucci*<sup>2</sup>, *Vera Amicarelli*<sup>2</sup>, *Giovanni Lagioi*<sup>2</sup><sup>1</sup>, *Stefano Salvatore*<sup>3</sup>

1) P&R Project S.r.l. -2) University of Bari Aldo Moro - 3) Trojan Technologies

## **Riassunto**

*La metodologia LCA permette di quantificare i principali impatti di prodotto lungo il loro intero ciclo di vita, e quindi dalla fase di estrazione delle materie prime necessarie per la produzione dei materiali e dell'energia per la produzione del bene fino alla fase del loro smaltimento finale secondo le metodologie internazionali consolidate, come ad esempio la CML 2001, (aggiornamento aprile 2013) e la Carbon Footprint (ISO /TS 14067). In questo studio, la valutazione si è focalizzata sulla comparazione tra tecnologia di Salsnes Filter con la tecnologia "tradizionale" attualmente in uso presso l'impianto in esame localizzato nel nord Italia basandosi su: a) unità funzionale di 1m<sup>3</sup> di acque trattate; b) ciclo di vita dell'impianto dalla culla alla tomba per 20 anni; c) identificazione dei confini del trattamento primario.*

## **Summary**

*The LCA methodology allows quantifying the main impacts of the product on the impact categories classified within international methods, such as the CML 2001, (update Apr. 2013) and Carbon Footprint (ISO/TS 14067). The LCA methodology does not allow assessing the environmental impacts from LOCAL viewpoint, so provides a reliable GLOBAL IMPACTS through the selection of specific indicators. In this study the assessment has been focused on the comparison between the RBF (by Salsnes Filter) and the traditional process in North Italy evaluating the environmental impacts basing on: a) functional unit of di 1m<sup>3</sup> of effluent treated; b) plant life cycle from cradle to grave 20 years; c) boundaries primary treatments.*

## **1. Introduction**

The issue of sludge treatment and its disposal from sewage treatment plant is becoming increasingly important both nationally and internationally. Sludge treatment, nowadays, has receiving more attention in order to find solution which allowing to prevent the introduction of pollutants in the environment and the pass-through of toxic pollutants into surface waters for enhancing opportunities to recycle treated municipal wastewater and sludge and reducing environmental impacts.

This means that sludge treatment is considered such as a final solution of a more complex waste treatment cycle. A wastewater treatment plant consists of a series of treatments, aimed at the removal of the pollutants present in the wastewater of any origin (domestic sewage, industrial waste of various kinds, agriculture wastes). The types of treatment presented, can be distinguished in:

- mechanical treatments based on the separation and removal by mechanical forces or mechanical elements (grids, sedimentation);

- biological treatments in which pollutants are removed by the action of microorganisms (mainly bacteria);
- chemical treatments based on chemical and physical removal of pollutants through chemical reactions (oxidation, neutralization) possibly associated with physical phenomena (adsorption, flocculation).

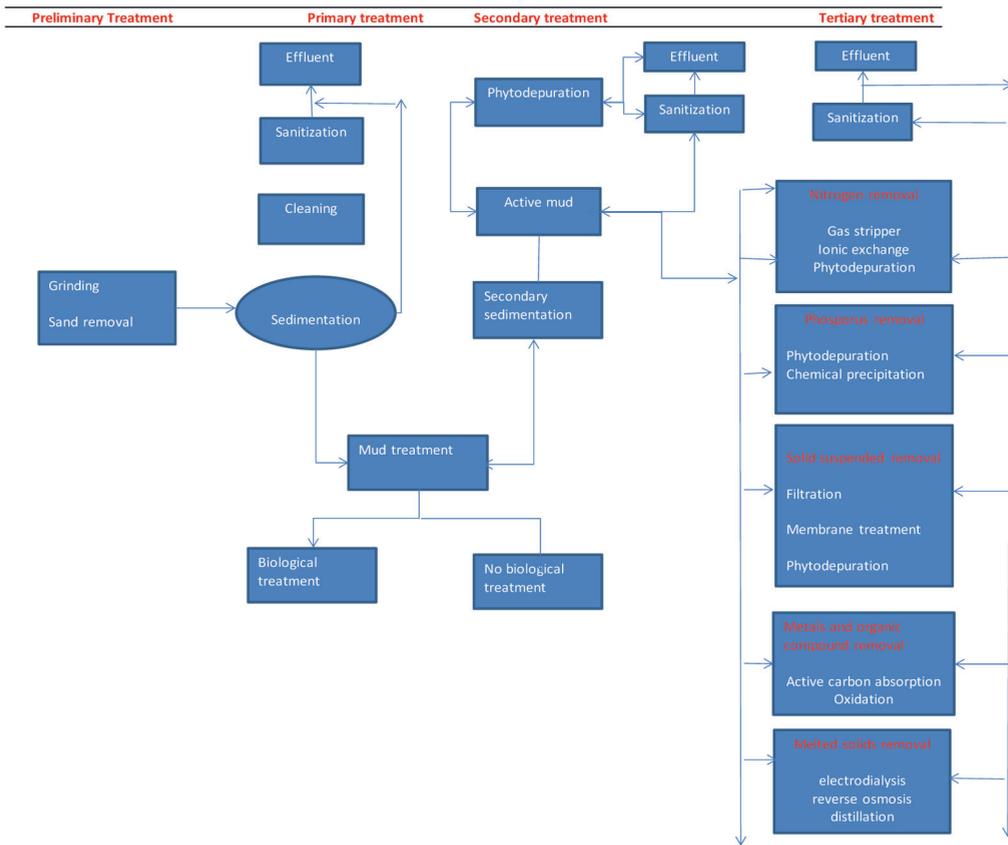
Many parameters have to be tested to calculate specific properties of sludge in relation to particular methods of treatment.

It is important to acquire both quantitative elements (flow coming in and their characteristics) and quality (pollution typology and development of their concentrations over time). Moreover it is important to calculate population served (resident and commuters) location, industry typology, water supply entities, wastewater. Wastewater treatment typically comprises, preliminary treatment, primary treatment, and secondary treatment (see figure 1) [1] [2].

This study presents preliminary results of a wider analysis concerning the application of LCA methodology. In this preliminary study has been developed the methodology in order to highlight the environmental impact differences between salsness filter (a filter developed by Salsness belonging to Trojan company operating at International level) compared with traditional one used in sludge treatments. Final results, which will support the decision makers to adopt the best green technology policies to achieve the environmental policies not only related to GHG reduction, in a second work will be published.

## **2. Paper**

In this chapter a briefly discussion of the generic sludge treatment are described. First, in order to optimize a wastewater plant, it is important to acquire both quantitative elements (flow coming in and their characteristics) and quality (pollution typology and development of their concentrations over time). Moreover it is important to calculate population served (resident and commuters) location, industry typology, water supply entities, wasted flow. Wastewater treatment typically comprises, preliminary treatment, primary treatment, secondary and tertiary treatment (see figure 1).



**Fig. 1** – Generic scheme of sludge treatment

In purification plants, wastewater treatment occurs step by step, and it is possible to be classified as follows:

*Preliminary treatments*

Preliminary treatment aims to remove granular materials, based on physical processes. There is a grid system with the function of intercepting granular material. The grids are equipped with a mechanized system connected to a conveyor belt, which carries the grid in a specific dumpster. De-sanding and oil removal is always advisable in the case of mixed sewerage because it removes inert solids (normally heavier and organic granular solids), which would spoil mechanical parts, whilst oils and fats would decrease the efficiency of oxygenation of the slurry causing the accumulation of foams in the aeration basin, in the sedimentation and in the digesters.

*Primary treatment*

Aimed at the removal of suspended materials and de-gritted wastewater, based on physical and physical-chemical processes. Slightly more than one-half of the suspended solids ordinarily are removed. As primary treatment is used a sedimentation process coupled to a physical-chemical treatment in order to reduce the volume of wastewater and, therefore, concentrate the solid fraction. After these treatments, the sludge is sent to final disposal (landfill or incineration) or it can be reused for agricultural use, composting, recovery products - eg. Fe and

Cr. The residue from primary treatment is a concentrated suspension of particles in water called “primary sludge.” The sedimentation occurs in special tanks in which must take place the followings:

Separation of the particles from the liquid suspension

- a) Collection of particles, such as mud;
- b) Mud concentration;
- c) Mud removal-

### *Secondary treatment*

Secondary treatment aims to remove organic substances both in dissolved and colloidal form, based on biological and physical processes. Part of the organic material is oxidized by the microorganisms to produce carbon dioxide and other end-products. The microorganisms biologically flocculate to form settleable particles, and, following biological treatment, this excess biomass is separated in sedimentation tanks as a concentrated suspension called “secondary sludge” (also known as “biological sludge,” waste activated sludge”). The sludges are still characterized, generally, by high putrefaction and in the absence of oxygen and bad odors occur. For this reason, it is important the sludge stabilization in order to avoid further advancement of the organic substance by microorganisms. The stabilized sludge, then, can stay open air without causing particular problems. Another important aim is the reduction in the pathogenic charge following the accumulation of microorganisms in the mud, originally present in the wastewater.

*Tertiary treatments and / or advanced systems* for the removal of specific pollutants and that can exploit chemical, physical and biological. Disinfection for control of pathogenic microorganisms and viruses is the most common type of tertiary treatment. The residues from tertiary treatment typically are incorporated with sludges from primary and secondary treatment.

### **3. Discussion**

The analysis focused on the comparison, through LCA methodology, between an innovative filter developed by Salsness (Trojan Technologies) with the “traditional” technology currently in use for the wastewater treatment, for assessing the impact based on a functional unit of 1m<sup>3</sup> of wastewater treated. The Salsness Filter system can replace the primary treatment at a lower capital (between 30-60% and overall costs) and do not use any chemicals. The general scheme is summarized as follows: the wastewater enters in the inlet chamber. The solids are deposited on the filtering grid creating a “filtering carpet.” The filtering carpet improves the results of the whole filtering system, since the accumulation of particles on the grid progressively reduces the size of the holes capturing particles of ever-smaller dimensions. The filtered water goes from the exhaust pipe out. The inflow of wastewater goes up until a specific volume (determined by a water pressure sensor), triggering the rotation of the filtering grid which, as a conveyor belt, moves the sludge and makes possible the thickening process. The force of gravity causes the thickening of the sludge up to 3-8% of dry matter and then, the sludge fall into the collection area. Using air (no water), the automatic *Air Knife* cleaning system removes the residual mud from the filtering causing its falling into the collection area. A compression screw further dehydrates the sludge up to 20-30% solids prior to expel it from the system. The filter is characterized by modular systems offering different opportunity to maximize flows possibility to install them both inside and outside buildings. The Salsnes Filter system offers flexibility. The filter ensures complete automation of the system, an ideal solution for remote structures without staff. A water pressure sensor signals the need to rotate the filtering grid (and the speed of rotation). At the same time, the automatic system can start the cleaning system Air Knife and the sludge compression [3].

In the light of these technical very innovative aspects, it is important to answer to a specific question: has salsness filter ha less environmental impact in comparison with the traditional one?

As above described the salsness filter should replace the traditional primary treatment. For the comparison LCA methodology has been adopted. The development of LCA methodology allows evaluating and benchmarking the environmental impact in order to re-direct strategic decisions for the implementation of the product / service with the aim to find solution for reducing environmental impacts at the global level. First of all the functional unit, 1m<sup>3</sup> of wastewater treated, has been defined, then the border of the system (primary treatment) and the inventory and the collecting data necessary for the study according to the LCA methodology have been developed [4]. For this reason, after analyzing and studying the traditional process of primary treatment, table 1 has been realized.

| Selection of impact indicators                                 |                    |
|--|--------------------|
| CHARACTERIZATION PHASE –                                       |                    |
| Global Warming Potential (GWP 100 years)                       | kg CO2-Equiv.      |
| Global Warming Potential (GWP 100 years), excl biogenic carbon | kg CO2-Equiv.      |
| Ozone Layer Depletion Potential (ODP, steady state)            | kg R11-Equiv.      |
| Abiotic Depletion (ADP elements)                               | kg Sb-Equiv        |
| Abiotic Depletion (ADP fossil)                                 | MJ                 |
| Acidification Potential (AP)                                   | kg SO2-Equiv.      |
| Eutrophication Potential (EP)                                  | kg Phosphate-Equiv |
| Freshwater Aquatic Ecotoxicity Pot. (FAETP inf.)               | kg DCB-Equiv.      |
| Human Toxicity Potential (HTP inf.)                            | kg DCB-Equiv.      |
| Marine Aquatic Ecotoxicity Pot. (MAETP inf.)                   | kg DCB-Equiv.      |
| Photochem. Ozone Creation Potential (POCP)                     | kg Ethene-Equiv.   |
| Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP inf.)                  | kg DCB-Equiv.      |

**Tab. 1 – Impact indicators**

To compare the salsness filter with a traditional plant further specific data have been categorised as shown in table 2.

| Required data   | Traditional plant | SALSNES Filter |
|---|-------------------|----------------|
| Energy consumption for the considered period (kWh)    | X                 | X              |
| Raw material for the realization of the plant         | X                 |                |
| Characteristics of auxiliary plant                    | X                 |                |
| Chemicals used in the process (typology and quantity) | X                 |                |
| Quantity of incoming drain water                      | X                 | X              |
| Quantity of outcoming materials                       | X                 | X              |

**Tab. 2 – Necessary data to implement LCA study**

#### **4. Conclusion**

Has above described, this work represents the preliminary part to highlight the environmental impact differences between salsnes filter compared with traditional one used in sludge treatments.

In the second work will be drawn up a report with the final results expressed according to the method CML 2001 Apr. 2013 (ref. previous page table “impact indicators).

The application of LCA methodology will allow, to quantify the impacts global and /or local associated to the treatment plant Filter Salsness than existing technology (traditional “scenario”), in order to support the decision maker in the choices of the best and advantageous environmentally innovative technologies.

#### **References**

- [1] **Bresters A. R. et al.**, “Sludge Treatment and Disposal- Management Approaches and Experiences” - Environmental Issues Series no. 7.
- [2] **Cleverson V. A.**, “Sludge Treatment and Disposal”, IWA Publishing.
- [3] **Personal communication.**
- [4] **Guideline ISO 14040** Environmental Management-Life cycle assessment- Principles and framew.



# MONITORING & CONTROL

## IL MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ODORIGENE: TRA DEFINIZIONI NORMATIVE E NUOVE TECNOLOGIE DI CONTROLLO

Il tema del monitoraggio, controllo e valutazione dell'impatto olfattivo prodotto dalle diverse realtà industriali sul territorio è oggetto di grande attenzione da parte di pubbliche amministrazioni, enti di ricerca, aziende e delle comunità esposte. L'istituzione di un tavolo tecnico nazionale, coordinato da ISPRA, per la redazione di linee guida in materia ha messo a fuoco lo stato dell'arte relativo alle metodologie di monitoraggio, controllo e previsione, e agli approcci normativi in ambito internazionale e nazionale. La sessione presenta le recenti novità legislative, le emergenti metodologie e tecnologie di controllo e la loro opportuna integrazione, senza tralasciare l'aspetto legato alla riduzione e abbattimento degli inquinanti odorigeni.

A cura di: **CTS Ecomondo, ISPRA, Società Chimica Italiana, Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali, ISPRA**

**Presidente di sessione:**

- Gianluigi de Gennaro, *Università degli Studi di Bari, A. Moro*



# Caratterizzazione chimica ed olfattometrica delle emissioni di impianti di depurazione a servizio di agglomerati urbani

*Ersilia D'Ambrosio*<sup>1</sup> [edambrosio@eco-logicasrl.it](mailto:edambrosio@eco-logicasrl.it), *Patrizia Pagone*<sup>1</sup>, *Massimo Guido*<sup>1</sup>,  
*Massimiliano Baldini*<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> *Eco-logica srl, Bari*  
<sup>2</sup> *AQP spa, Bari*

## Riassunto

*L'articolo presenta i risultati desunti dallo screening chimico - olfattometrico condotto su alcune stazioni di trattamento primario di sette impianti di depurazione gestiti da AQP). In accordo alla Legge n. 23/2015 della Regione Puglia, le sorgenti passive sono state campionate mediante cappa Wind Tunnel; le concentrazioni di odore sono state determinate come previsto dalla UNI EN 13725. Le determinazioni analitiche sono state effettuate per i n. 40 composti odorigeni indicati nell'Allegato Tecnico della Legge Regionale, ricorrendo ai metodi prescritti. Sebbene tutte le determinazioni analitiche abbiano fornito valori conformi ai limiti normativi, per le concentrazioni di odore si sono misurati valori superiori al limite di 300 ouE/m<sup>3</sup>. I risultati di tale studio concorrono ad incrementare lo stato delle conoscenze tecniche/scientifiche in materia.*

## Summary

*The article introduces the results of chemical and olfactometric measurements performed on seven waste water treatment plants managed by AQP. Some primary treatment stations were analysed. Passive sources were sampled using a Wind Tunnel Sampler, as required by the Law no. 23/2015 of the Apulia Region; odour concentrations were determined with dynamic olfactometry (UNI EN 13725). Analytical determinations were carried out for all the odorous compounds indicated in the Regional Law using the prescribed methods. Although all analytical determinations were found to be in accordance with the regulatory limits, odour concentration measurement values were above 300 ouE/m<sup>3</sup>. The results of this study contribute to increase the status of the technical and scientific knowledge on the subject.*

## 1. Introduzione

Le emissioni osmogene possono condizionare la libera fruizione del territorio e causare inconvenienti alla popolazione ivi residente [1]. Negli impianti di depurazione a servizio di agglomerati urbani, la decomposizione della materia organica può causare lo sviluppo di miscele gassose maleodoranti, costituite da diversi composti che concorrono alla determinazione della emissione odorigena complessiva [2]. Tale problematica, ritenuta secondaria rispetto ad altri aspetti impiantistici e gestionali, è stata trascurata [3]. Solo recentemente, il tema del monitoraggio, controllo e valutazione dell'impatto olfattivo è divenuto oggetto di grande attenzione

da parte di pubbliche amministrazioni, enti di ricerca, aziende e comunità esposte. In tale campo, una delle principali frontiere di ricerca è la definizione di una relazione quantitativa che definisca una correlazione fra la composizione chimica di una miscela gassosa osmogena e la sua odorsità. Tale problematica risulta ancor più complessa per gli impianti di depurazione, la cui tipologia e concentrazione di composti odorigeni varia in base alla stazione di trattamento ed alle caratteristiche fisico-chimiche del refluo entrante [4]. Indagini di screening risultano pertanto fondamentali al fine di identificare i principali composti osmogeni, stabilire una correlazione e definire efficienti strategie di monitoraggio e mitigazione.

L'articolo presenta i risultati desunti dallo screening chimico - olfattometrico condotto sulle stazioni di trattamento primario (grigliatura e sedimentazione primaria) di sette impianti di depurazione gestiti da Acquedotto Pugliese (AQP). I risultati evinti da tale studio concorrono ad ampliare lo stato delle conoscenze e sono utili per definire strategie di monitoraggio e mitigazione dell'impatto osmogeno economicamente sostenibili ed inerenti a tale tipologia di impianti.

## 2. Materiali e metodi

Lo screening chimico – olfattometrico ha interessato le stazioni di grigliatura e sedimentazione primaria di n.7 impianti di depurazione siti in provincia di Foggia (Puglia, Italia) (Tab. 1). I campionamenti e le analisi sono stati eseguiti nel mese di Agosto 2015.

| Codice impianto | Potenzialità impianto (AE) | Stazione                | Punto di campionamento  |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|---|
| ED1             | 83200                      | Sedimentazione primaria | Pozzetto di uscita acque chiarificate da secondo sedimentatore primario       |
| ED2             | 187200                     | Sedimentazione primaria | Pozzetto di confluenza delle acque chiarificate dei due sedimentatori primari |
| ED3             | 20000                      | Grigliatura             | Stazione di arrivo liquame, dopo grigliatura fine rotostaccio                 |
| ED4             | 77000                      | Sedimentazione primaria | Pozzetto di uscita acque chiarificate dal sedimentatore primario              |
| ED5             | 18000                      | Grigliatura             | Stazione di arrivo liquame, dopo grigliatura                                  |
| ED6             | 23000                      | Grigliatura             | Stazione grigliatura e sollevamento iniziale                                  |
| ED7             | 88000                      | Sedimentazione primaria | Pozzetto di confluenza delle acque chiarificate dai tre sedimentatori primari |

**Tab. 1** – Impianti interessati dallo screening conoscitivo

### 2.1 Caratterizzazione olfattometrica

L'indagine olfattometrica è stata eseguita ricorrendo ad un gas cromatografo portatile dotato di rivelatore a fotoionizzazione (GC-PID) ed a una cappa "Wind Tunnel". Il GC-PID ha consentito l'individuazione del punto di massima concentrazione dei composti odorigeni sopra il quale la cappa convogliatrice, avente area di base pari a 0,196 mq, è stata in seguito

posizionata ai fini del campionamento - all'interno di sacche di nalophan spesse 20 µm - delle emissioni diffuse passive, ai sensi della L.R. n.23/2015 (L.R.) [5].

La Fig. 1 riporta la cappa “Wind Tunnel” ed il GC-PID utilizzati.

Sui campioni sono state eseguite misure analitiche della concentrazione di odore in accordo alla UNI EN 13725:2004 [6].

## 2.2 Caratterizzazione chimica

Le determinazioni analitiche sono state effettuate per tutti i n. 40 composti odorigeni indicati nell’Allegato Tecnico della L.R., ricorrendo ai metodi prescritti dalla medesima legge.



Fig. 1 – Wind tunnel (a) e gas cromatografo portatile GC-PID (b) utilizzati durante i campionamenti

## 3. Risultati e discussione

I risultati desunti dalle misurazioni effettuate nelle modalità sopra descritte sono riassunti in Tab. 2. La Fig. 2 graficizza tali risultati.

| Composto<br>(concentrazione) | U.M.               | Codice punto di campionamento |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                              |                    | ED1                           | ED2   | ED3   | ED4   | ED5   | ED6   | ED7   |
| Dietilammina                 | mg/m <sup>3</sup>  | 0,02                          | 0,017 | 0,015 | 0,03  | 0,038 | 0,02  | 0,013 |
| Dimetilammina                | mg/m <sup>3</sup>  | 0,01                          | 0,023 | 0,033 | 0,02  | 0,045 | 0,023 | 0,022 |
| Etilammina                   | mg/m <sup>3</sup>  | 0,015                         | 0,02  | 0,023 | 0,017 | 0,027 | 0,037 | 0,015 |
| Metilammina                  | mg/m <sup>3</sup>  | 0,02                          | 0,03  | 0,011 | 0,04  | 0,047 | 0,05  | 0,01  |
| Ammoniaca                    | mg/m <sup>3</sup>  | 0,1                           | 0,06  | 0,054 | 0,07  | 0,1   | 0,078 | 0,066 |
| Dimetildisolfuro             | mg/m <sup>3</sup>  | 0,06                          | 0,064 | 0,065 | 0,078 | 0,095 | 0,08  | 0,05  |
| Dimetilsolfuro               | mg/m <sup>3</sup>  | 0,06                          | 0,064 | 0,062 | 0,078 | 0,096 | 0,084 | 0,05  |
| Odore                        | oUE/m <sup>3</sup> | 90000                         | 68400 | 10300 | 9600  | 6100  | 8800  | 490   |

Tab. 2 – Risultati desunti dalla caratterizzazione chimica olfattometrica effettuata. Si sono riportati soltanto i composti con concentrazioni superiori ai limiti di rilevabilità

Dei n.40 composti ricercati, solo per Dietilammina, Dimetilammina, Etilammina, Metilammina, Ammoniaca, Dimetildisolfuro e Dimetilsolfuro si sono determinate concentrazioni superiori al limite di rilevabilità annesso al metodo analitico utilizzato.

Per quanto attiene alle concentrazioni dei composti odorigeni determinati con valori superiori ai limiti di rilevabilità del metodo analitico di riferimento, quelle maggiori afferiscono ai composti dello Zolfo (Dimetildisolfuro e Dimetilsolfuro) ed all'Ammoniaca.

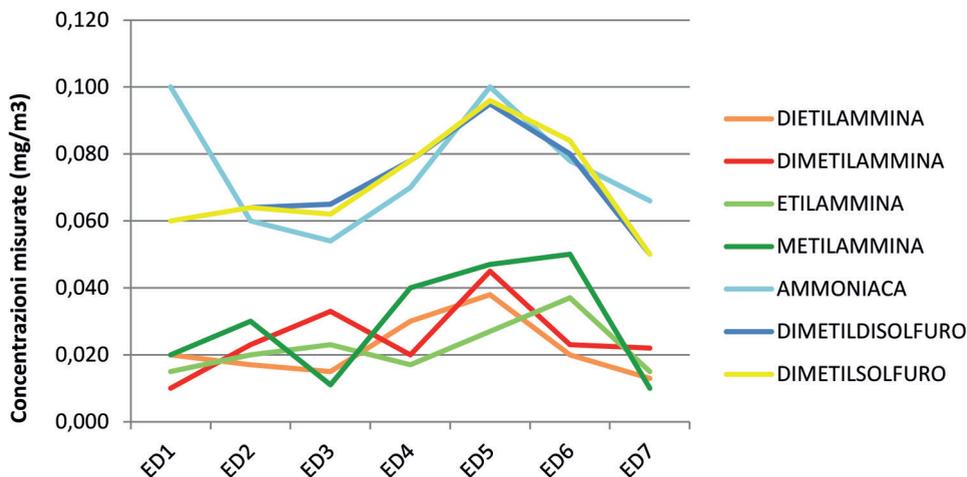


Fig. 2 – Concentrazioni dei composti osmogeni individuati negli impianti AQP

Nella Fig. 3 è rappresentata, mediante un grafico a torta, la composizione percentuale media delle emissioni odorogene associate alle stazioni di sedimentazione primaria (impianti ED1, ED2, ED4, ED7) e grigliatura (impianti ED3, ED5, ED6). In entrambi i casi, più del 65% della miscela gassosa campionata risulta costituita da Ammoniaca, Dimetildisolfuro e Dimetilsolfuro.

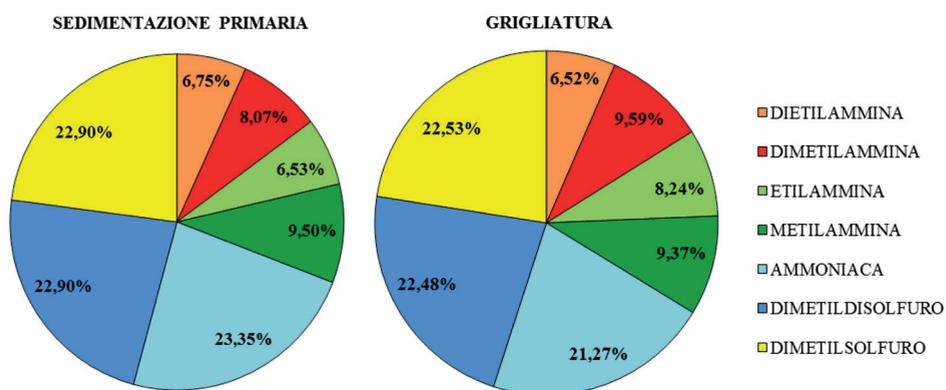


Fig. 3 – Composizione percentuale media delle emissioni odorogene associate alle stazioni di sedimentazione primaria e grigliatura

La Tab. 3 riporta invece i limiti prescritti per gli analiti determinati. Oltre a questi, la L.R. prescrive che qualora l'emissione sia composta da due o più sostanze odorigene - come nel presente caso - ciascuna concentrazione deve essere inferiore alla corrispondente concentrazione limite (CL) e la sommatoria dei rapporti tra la concentrazione effettiva e la rispettiva CL deve essere inferiore a 1.

Per quanto attiene alle concentrazioni di odore, il limite associato alle stesse risulta pari a 2000 ouE/m<sup>3</sup>, nel caso di emissioni convogliate, e a 300 ouE/m<sup>3</sup>, nel caso di emissioni diffuse quali quelle analizzate nel presente studio.

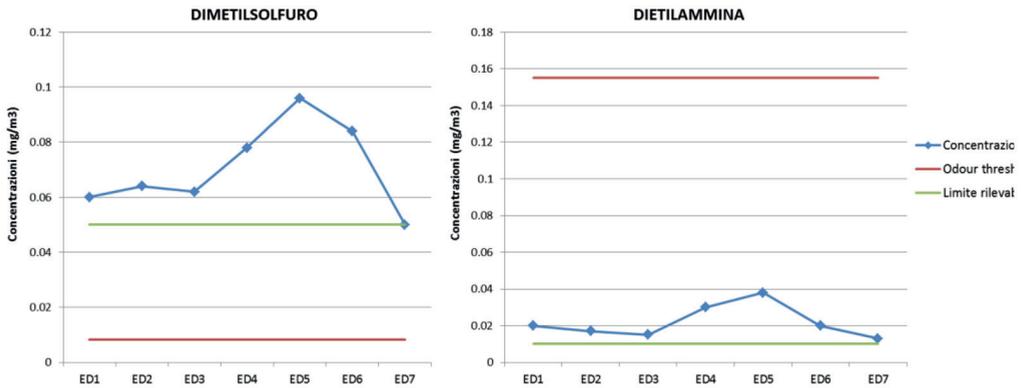
| Composto         | Odour threshold |                   | Limite rilevabilità (mg/m <sup>3</sup> ) | Limite emissioni diffuse (mg/m <sup>3</sup> ) | Limite emissioni puntuali (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|-----------------|-------------------|--|---|--|
|                  | ppm             | mg/m <sup>3</sup> |  |   |  |
| Dietilammina     | 0,048           | 0,155             | 0,01                                     | 3   | 20   |
| Dimetilammina    | 0,033           | 0,0655            | 0,01                                     | 3   | 20   |
| Etilammina       | 0,046           | 0,0913            | 0,01                                     | 3   | 20   |
| Metilammina      | 0,035           | 0,0479            | 0,01                                     | 3   | 20   |
| Ammoniaca        | 1,5             | 1,12              | 0,05                                     | 35  | 250  |
| Dimetildisolfuro | 0,0022          | 0,0091            | 0,05                                     | 3   | 20   |
| Dimetilsolfuro   | 0,003           | 0,0082            | 0,05                                     | 3   | 20   |

**Tab. 3** – Soglia di percezione olfattiva (*odour threshold*), limite di rilevabilità e di emissione (fonte: LR 16 aprile 2015, n. 23)

Confrontando i limiti prescritti con i valori misurati riportati in Tab. 2, le concentrazioni di odore riscontrate sono risultate superiori al limite di 300 ouE/m<sup>3</sup> in tutte le stazioni di trattamento. Le concentrazioni analitiche determinate sono tuttavia risultate di ca. due ordini di grandezza inferiori alla concentrazioni limite previste per le emissioni diffuse. Facendo riferimento ai soli composti determinati in quantitativi superiori alla soglia di rilevabilità, la sommatoria dei rapporti tra la concentrazione misurata e la rispettiva CL risulta essere inferiore a 1, conformemente a quanto richiesto dalla L.R..

Dal confronto della soglia di percettibilità olfattiva (*odour threshold*) con la concentrazione misurata si osserva quanto segue. Le concentrazioni dei composti contenenti azoto (Dietilammina, Dimetilammina, Etilammina, Metilammina, Ammoniaca) risultano inferiori a quelle associate alla soglia di percettibilità olfattiva riportate nell'Allegato Tecnico della L.R.. Una sola "anomalia" si registra per la Metilammina, determinata presso la stazione di grigliatura dell'impianto ED6, la cui concentrazione, pari a 0,05 mg/m<sup>3</sup>, risulta di poco superiore allo *odour threshold* associato a tale composto (0,048 mg/m<sup>3</sup>). Invece, per i composti contenenti zolfo (Dimetildisolfuro, Dimetilsolfuro) la soglia di percettibilità olfattiva è sempre superata. La Fig. 4 riporta, a titolo esemplificativo per i composti contenenti zolfo e azoto rispettivamente, le concentrazioni misurate per il Dimetilsolfuro e per la Dietilammina, unitamente al limite di rilevabilità ed all'*odour threshold* associato.

Per quanto attiene alle concentrazioni di odore misurate, il fatto che tutte siano risultate superiori a 300 ouE/m<sup>3</sup> è con molta probabilità annesso alle modalità di campionamento attuate. Come prima specificato infatti, la cappa "Wind Tunnel" è stata posta sul punto in cui ricorrendo al gascromatografo GC-PID è stata registrata la massima concentrazione dei composti odorigeni. Si specifica infine che nel presente studio non è stato possibile analizzare la correlazione esistente tra la composizione analitica della miscela odorigena e la concentrazione di odore. I campionamenti analitici ed olfattometrici non sono stati infatti eseguiti in intervalli di tempo utili per ritenere confrontabili i risultati ottenuti.



**Fig. 4** – Concentrazioni misurate, soglia di percettibilità olfattiva e limite di rilevabilità per Dimetilsolfuro e Dietilammina

### 3. Conclusioni

Nel presente studio è stata effettuata un'analisi dei risultati desunti dalle misure analitiche ed olfattometriche eseguite nelle stazioni di grigliatura e sedimentazione primaria di sette impianti di depurazione a servizio di agglomerati urbani. Dall'analisi emerge che dei n.40 composti odorigeni individuati dalla L.R. n.23/2015 solo n.7 (Dietilammina, Dimetilammina, Etilammina, Metilammina, Ammoniaca, Dimetildisolfuro, Dimetilsolfuro) sono presenti in quantitativi superiori alla soglia di rilevabilità e pertanto possono ritenersi rappresentativi delle emissioni olfattive associate alle stazioni di trattamento primario.

Ulteriori indagini dovranno effettuarsi ai fini della costruzione di un campione statisticamente significativo utile per la definizione di una correlazione che leghi la composizione chimica della miscela gassosa alla sua odosità.

Ciò consentirebbe di definire, per gli impianti di depurazione a servizio di agglomerati urbani, strategie di monitoraggio e mitigazione dell'impatto osmogeno efficienti ed economicamente sostenibili.

### Bibliografia

- [1] Zarra T., Naddeo V., Belgiorno V., Reiser M., Kranert M., "Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment", *Water Sci Technol.* 2008, 58(1): 89-94;
- [2] Onkal-Engina G., Demira I., Engin S.N., "Determination of the relationship between sewage odour and BOD by neural networks", *Environ. Model. Softw.* 2005, 20: 843-850;
- [3] Arpa Puglia, "Linee guida per il rilascio di pareri riguardanti le emissioni in atmosfera prodotte dagli impianti di depurazione";
- [4] Nake A., Dubreuil B., Raynaud C., Talou T., "Outdoor in situ monitoring of volatile emissions from wastewater treatment plants with two portable technologies of electronic noses", *Sens. Actuator B-Chem.* 2005, 106(1): 36-39;
- [5] Legge Regionale del 16 aprile 2015, n.23, "Modifiche alla legge regionale 22 gennaio 1999, n. 7, come modificata e integrata dalla legge regionale 14 giugno 2007, n. 17", Regione Puglia
- [6] UNI EN 13725:2004, "Qualità dell'aria - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica"

# Il Progetto LIFE RE Mida - Innovative Methods for Residual Landfill Gas Emissions Mitigation in Mediterranean Regions - LIFE14 CCM/IT/000464

*Isabella Pecorini*<sup>°</sup> [isabella.pecorini@unifi.it](mailto:isabella.pecorini@unifi.it), Renata L. Caselli\*, Donata Bacchi<sup>°</sup>, Ennio A. Carnevale<sup>°</sup>

<sup>°</sup>DIEF - Dipartimento di Ingegneria Industriale Università degli Studi di Firenze, \*Settore Rifiuti e Bonifica dei Siti Inquinati, Regione Toscana, Firenze

## **Riassunto**

*Il Progetto LIFE RE Mida è un progetto dimostrativo finalizzato allo sviluppo di tecnologie innovative per la gestione del gas di discarica con basso potere calorifico utili alla riduzione dell'effetto serra e la mitigazione degli impatti dovuti alle emissioni di gas in traccia. Il Progetto ha una durata di tre anni (01/01/2016 – 31/12/2018) ed un budget totale di circa 855.600 € di cui 513.000 € di cofinanziamento europeo.*

*Il Progetto prevede la realizzazione di due impianti pilota presso due discariche, ed in particolare: un biofiltro, collegato al sistema di estrazione del gas di discarica attualmente presente, che verrà implementato presso la discarica di Podere il Pero (Castiglion Fibocchi, Arezzo); un sistema di biofiltrazione passivo per il trattamento dei gas residuali presso l'impianto di discarica di Le Fornaci di Monticiano (Siena).*

## **Summary**

*RE Mida Project aims to demonstrate the technical, economic and environmental suitability of an innovative technology reducing the contribution to greenhouse effect from waste treatment sector. The proposal addresses to the reduction of greenhouse effect from landfilling through methane oxidation and reduction of other greenhouse gases in the residual landfill gas (LFG) with low calorific value. It is an innovative and sustainable solution to critical issues related to the management and the treatment of residual LFG with low calorific value and its environmental impact, with particular reference to cases of old landfills in after-care phase and landfills for mechanical biological treated waste. The innovative demonstration improves new methods for the determination and monitoring of surface emissions from landfill with particular reference to the application in Mediterranean climates.*

## **1. Introduzione**

Il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico rappresenta uno strumento indispensabile per la formulazione e l'attuazione di politiche di controllo sul territorio destinate a promuovere lo sviluppo sostenibile e la salute. Il Progetto LIFE RE Mida è un progetto dimostrativo finalizzato allo sviluppo di tecnologie innovative per la gestione del gas di discarica con basso

potere calorifico utili alla riduzione dell'effetto serra e la mitigazione degli impatti dovuti alle emissioni di gas in traccia.

Il Progetto RE Mida è stato finanziato nell'ambito del Programma LIFE Climate Action – Climate Change Mitigation, programma comunitario che finanzia progetti utili allo sviluppo e all'attuazione delle politiche europee in materia di diritto ambientale. Il Progetto verrà coordinato dal Waste Valorization Group (gruppo di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Firenze), e vede la partecipazione di un partner istituzionale (Regione Toscana – Settore Servizi Pubblici Locali) e di due partner industriali (Centro Servizi Ambiente Impianti S.p.A. e Sienambiente S.p.A.).

Il Progetto prevede la realizzazione di due impianti pilota presso due discariche, ed in particolare:

- un biofiltro, collegato al sistema di estrazione del gas di discarica attualmente presente, che verrà implementato presso la discarica di Podere il Pero (Castiglion Fibocchi, Arezzo);
- un sistema di biofiltrazione passivo (biowindows) per il trattamento dei gas residuali presso l'impianto di discarica di Le Fornaci di Monticiano (Siena).

Sulla base dell'esperienza che verrà maturata nella progettazione, costruzione e monitoraggio degli impianti pilota realizzati nell'ambito del Progetto, verranno inoltre redatte delle *Linee Guida per il trattamento del gas di discarica a basso potere calorifico che verranno disseminate dalla Regione Toscana* al fine di promuovere una discussione dei contenuti tecnici della Landfill Directive.

## 2. Relazione

Le strategie e misure tecniche previste dalla normativa europea per la minimizzazione degli impatti derivanti dalle emissioni dagli impianti di discarica, sono essenzialmente: l'estrazione ed il trattamento termico del gas di discarica, il sistema di copertura, la riduzione del quantitativo di rifiuti urbani biodegradabili (RUB) avviati a smaltimento ed il divieto di conferimento di rifiuti non trattati. Tuttavia, sulla base dell'esperienza dei partner industriali nella gestione degli impianti di discarica, queste misure risultano talvolta non efficaci. Da un lato la non corretta stabilizzazione dei rifiuti conferiti porta ad emissioni odorigene impattanti in fase di conferimento che, per essere limitate, richiederebbero di massimizzare le aspirazioni in area di coltivazione; dall'altro, nei moduli più vecchi dell'impianto di discarica, si assiste alla naturale diminuzione della produzione di gas e alla riduzione delle concentrazioni di metano. Il risultato è la produzione di un gas a basso potere calorifico che non permette un'efficace combustione. In entrambe i casi il gestore è costretto a limitare l'aspirazione determinando quindi un aumento dei flussi di sostanze emesse dalle coperture. In questo senso la biofiltrazione dei gas di discarica, oggetto del Progetto LIFE RE Mida, può essere considerata un sistema di trattamento efficace per l'ossidazione delle emissioni fuggitive con basso potere calorifico e l'abbattimento dei composti odorigeni.

Considerando inoltre che, la piena attuazione della Landfill Directive comporterà una sostanziale diminuzione del gas prodotto dalle discariche, in quanto la produzione potenziale di biogas di rifiuti pretrattati è significativamente ridotta, è ragionevole supporre che in futuro questi sistemi potranno trovare larga applicazione anche in discariche di moderna concezione. Le attività del Progetto LIFE RE Mida si inseriscono nell'ambito dei lavori di integrazione delle Landfill Directive promossi dal Technical Adaptation Committee con le Linee Guida per la gestione dei gas di discarica (Landfill Gas Control – Guidance on the landfill gas control requirements of the Landfill Directive). Questa guida, esaminata dagli stati membri e approvato il 17 dicembre 2013, costituisce un documento ausiliario della Landfill Directive, ed è stata elaborata al fine di:

- Aiutare le autorità competenti a migliorare la raccolta del CH<sub>4</sub> attraverso il rispetto dei requisiti della Landfill Directive;

- Fornire chiarezza sui requisiti di controllo dei gas di discarica nel contesto dei requisiti tecnici e normativi della Landfill Directive;
- Definire i criteri più importanti per assicurare un'efficace estrazione, trattamento e utilizzo dei gas di discarica.

Di fatto la guida integra le misure tecniche previste dalla Landfill Directive per il controllo dei gas di discarica, con misure tecniche addizionali che non sono definite direttamente dalla Direttiva ma che, con le stesse finalità, vengono applicate da alcuni stati membri.

### 2.1 Obiettivi del progetto

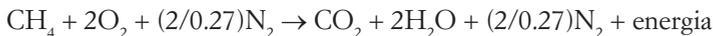
I principali obiettivi ed i risultati attesi del Progetto sono:

- Dimostrare la sostenibilità tecnica, economica ed ambientale delle tecnologie proposte per la riduzione dell'effetto serra nel settore del trattamento rifiuti;
- Promuovere la revisione e l'aggiornamento della Landfill Directive, in particolare relativamente alla gestione e al trattamento dei gas di discarica a basso potere calorifico;
- Coinvolgere gli enti pubblici e le aziende che lavorano nell'ambito della gestione degli impianti di discarica nella diffusione di tecnologie innovative.

I risultati delle attività saranno funzionali, unitamente ai risultati delle attività di implementazione, alla redazione delle Linee Guida per la progettazione, la costruzione, il controllo, il monitoraggio e la manutenzione dei sistemi biofiltranti. Questo documento, che verrà formalmente adottato dalla Regione Toscana al termine del Progetto, sarà il principale strumento di comunicazione After-Life. La Regione Toscana infatti lo porterà all'attenzione della Conferenza Stato-Regioni e lo presenterà al DG Environment tramite i suoi organi di collegamento a Bruxelles.

### 2.2 Descrizione del fenomeno di bioossidazione del metano

L'ossidazione microbica aerobica di  $\text{CH}_4$  si verifica nella biosfera ovunque  $\text{CH}_4$  e  $\text{O}_2$  sono presenti allo stesso tempo. Nelle coperture di discarica, i contro gradienti di  $\text{CH}_4$  e  $\text{O}_2$ , che possono essere presenti a causa di emissioni di  $\text{CH}_4$  dai rifiuti e per un flusso di ossigeno atmosferico entrante, forniscono le condizioni necessarie per lo sviluppo di batteri metanotrofici. L'ossidazione aerobica del  $\text{CH}_4$  procede secondo la seguente reazione complessiva:



L'attività di questi batteri dipende dalla presenza di concentrazioni sufficienti sia di  $\text{CH}_4$  che di  $\text{O}_2$ , e quindi tendono ad essere confinati in strette fasce orizzontali, limitati nella loro distribuzione dalla diffusione verso il basso dell'ossigeno atmosferico e dalla diffusione verso l'alto di  $\text{CH}_4$ . In generale, la zona metanotrofica attiva è individuabile nei primi 30-40 cm del suolo, con una zona di massima attività compresa tra 15-20 cm di profondità [1], [2], [3], [4].

Lo studio di J.A. Amaral et al. (1994) [5] dimostra che elevati tassi di ossidazione del metano da parte dei batteri metanotrofi si raggiungono in presenza di un rapporto tra  $\text{O}_2$  e  $\text{CH}_4$  compreso tra 1.57 e 1.97 in volume. Il mezzo filtrante deve essere un mezzo poroso e condizioni ottimali sono rilevate per valori di pH prossimi alla neutralità. L'efficienza di ossidazione è inversamente proporzionale al carico di metano in ingresso [6], [7]. Questo, se molto elevato, impedisce infatti all'ossigeno di penetrare nel mezzo poroso limitando l'attività batterica aerobica. Innescato il processo ossidativo esotermico dalla presenza di ossigeno nella discarica, il calore generato provoca l'espansione dei gas, i quali tendono a migrare verso l'alto riscaldando il suolo durante il loro passaggio. Lo spostamento del gas crea quindi un effetto camino che, richiamando aria dall'esterno, mantiene attivo il processo.

La maggior parte dei metanotrofi disponibili in colture pure sono mesofili [8]. I range di temperatura ottimali sono compresi fra 25-35 °C, sebbene l'ossidazione del metano sia stata rilevata anche fino 1-2 °C [9], [3], [4].

L'umidità è un fattore essenziale per l'attività dei microrganismi, sia per il trasporto delle sostanze nutritive che per la rimozione dei composti metabolici residui. Tuttavia, un'eccessiva umidità può rallentare i processi di trasporto dei gas nel terreno poiché la diffusione molecolare in acqua è circa  $10^4$  volte più lenta che in aria. Il valore specifico di umidità dipende dalla tessitura del materiale filtrante e quindi dalla distribuzione e dalle dimensioni dei pori.

### *2.3 Descrizione delle azioni di monitoraggio*

Terminata la costruzione dei piloni, attualmente in corso, verranno effettuate le prove di avvio dei sistemi biofiltranti e verrà definito un piano di monitoraggio e controllo che verrà implementato per la durata di un anno solare andando a valutare il funzionamento dei due sistemi al variare delle condizioni ambientali (stagionalità).

Duplici è l'obiettivo delle attività di monitoraggio: andare a studiare il processo di biofiltrazione per il controllo dei parametri forzanti e valutare le performance del processo in termini di efficienze di abbattimento. A tal fine saranno effettuate le seguenti attività:

- Caratterizzazione del media filtrante;
- Analisi del gas in ingresso;
- Controllo dei profili di temperatura all'interno del letto filtrante;
- Acquisizione in continuo ed analisi delle condizioni meteo-ambientali;
- Ricerca della eventuale presenza di condizioni anaerobiche all'interno del letto filtrante e misura delle concentrazioni di  $O_2$  disponibile;
- Controllo del flusso di gas in entrata ed in uscita ai sistemi pilota (chiusura dei bilanci di massa);
- Analisi delle concentrazioni dei gas all'interno del letto filtrante e studio dei profili delle concentrazioni ( $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $O_2$  e VOC);
- Campionamenti specifici per l'analisi dei composti a bassa soglia olfattiva (analisi delle concentrazioni/analisi odorimetriche).

Le attività di monitoraggio degli impatti del progetto verranno effettuate anche al fine di comprendere l'effettiva sostenibilità delle tecnologie proposte nonché la loro replicabilità e trasferibilità anche dopo la fine del Progetto. Gli impatti saranno infatti valutati sia rispetto a indicatori di performance (Project Performance Indicator) che rispetto alla loro sostenibilità tecnico-economica ed ambientale. Per la valutazione verranno utilizzati specifici strumenti di assessment, come l'analisi costi-benefici, l'analisi di rischio, la Life Cycle Assessment e l'analisi degli impatti socio-economici. Le valutazioni tecniche verranno effettuate con riferimento ad un dimensionamento full-scale delle tecnologie proposte e rispetto a diversi scenari di applicazione nell'ambito della gestione dei gas di scarico residui.



Fig. 1 – Impianti dimostrativi: Biowindows (a sinistra) e Biofiltro (a destra).

### 3. Conclusioni

Nel D.Lsg. 36/2003 si prescrive come unica forma di trattamento del gas di discarica la combustione. La suddetta norma pertanto non fornisce indicazioni in merito al problema del trattamento del gas di discarica a basso contenuto di metano.

In Europa, ma anche a livello globale, tale tematica è stata affrontata da numerose ricerche tecnico scientifiche che, a partire dal 2006, hanno studiato la biofiltrazione del metano in materiali porosi quale tecnologia alternativa per l'ossidazione del metano ad anidride carbonica (con riduzione di circa 21 volte l'impatto sull'effetto serra). Questo processo si basa sull'utilizzo di flore batteriche di tipo metanotrofico che naturalmente si sviluppano in mezzi porosi ricchi di nutrienti (ad esempio compost e FOS). Per effettuare il trattamento termico del biogas ed adempire alle attuali prescrizioni normative, al diminuire del contenuto di metano nel gas di discarica sembrerebbe necessario miscelare il gas da trattare con uno spillamento di gas naturale in modo da aumentare il contenuto di metano; tale soluzione porterebbe ad un incremento tariffario della gestione post-mortem delle discariche esaurite oltre che ad un consumo ingiustificato di una risorsa primaria.

Inoltre, quali concause dell'aumento dei costi di post-gestione delle discariche, sono da annoverare anche i costi di manutenzione (ordinaria e straordinaria) del sistema di combustione (torcia ad alta temperatura), che sono di almeno un ordine di grandezza superiori a quelli necessari per le manutenzioni dei sistemi biofiltranti (siano questi biofiltri o biocoperture). Da un punto di vista ambientale, considerare la sola combustione quale trattamento del gas povero, potrebbe portare inoltre ad un aumento delle emissioni dei gas serra. Infatti, nelle discariche in post-gestione, nelle quali non è presente una guardiania fissa per ragioni tariffarie, gli spegnimenti della torcia di combustione a causa del basso contenuto di metano potrebbero causare emissioni dirette dei gas di discarica in atmosfera senza alcun trattamento.

In conclusione, la biofiltrazione, come sistema "naturale" di mitigazione degli inquinanti, porterebbe ad un contenimento dei costi di guardiania essendo una tecnologia semplice ed "autoinnescante", svincolata nel suo funzionamento dalla qualità del biogas.

Per i motivi suddetti e per gli sviluppi futuri, il Progetto prevede la gestione di due impianti pilota realizzati presso due discariche, ed in particolare: un biofiltro, collegato al sistema di

estrazione del gas di discarica attualmente presente, che verrà implementato presso la discarica di Podere il Pero (Castiglion Fibocchi, Arezzo); e un sistema di biofiltrazione passivo per il trattamento dei gas residuali presso l'impianto di discarica di Le Fornaci di Monticiano (Siena), rispetto ai quali nei prossimi anni saranno pubblicati i risultati delle esperienze gestionali.

### **Bibliografia**

- [1] **Jones, H.A. & Nedwell, D.B.**, 1993, Methane emission and methane oxidation in land-fill cover soil. *FEMS Microbiology Ecology*, 102, 185-195.
- [2] **Czepiel P.M., Mosher B., Crill P.M., Harriss R.C.**, 1992, Quantify the effect of oxidation on landfill methane emissions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D11), 16721-16729.
- [3] **Scheutz, C., Mosbæk, H., Kjeldsen, P.**, 2004, Attenuation of Methane and Volatile Organic Compounds in Landfill Soil Covers. *Journal of Environmental Quality*, 33, 61-71.
- [4] **Scheutz, C. & Kjeldsen, P.**, 2004, Environmental factors influencing attenuation of methane and hydro chlorofluorocarbons in landfill cover soils. *Journal of Environmental Quality*, 33, 72-79.
- [5] **Amaral J.A. & Knowles**, 1994, Methane metabolism in a temperate swamp. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(11), 3945-3951.
- [6] **Gebert J., Groengroeft A.**, 2006, Passive landfill gas emission – Influence of atmospheric pressure and implications for the operation of methane-oxidising biofilters. *Waste Management*, 26(3), 245-251
- [7] **Gebert J., Groengroeft A.**, 2006, Performance of a passively vented field-scale biofilter for the microbial oxidation of landfill methane. *Waste Management*, 26(4), 399-407
- [8] **Hanson R.S. & Hanson T.E.**, 1996, Methanotrophic bacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 60(2), 439-471
- [9] **Prime A. & Christensen. S.**, 1997, Seasonal and spatial variation of methane oxidation in a Danish spruce forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 1165-1172.

# Modello concettuale e metodologie applicative delle nuove linee guida per la valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive del FVG

*Alessandra Pillon [alessandra.pillon@arpa.fvg.it](mailto:alessandra.pillon@arpa.fvg.it), Stefania Del Frate, Fulvio Stel, Antonella Zanello (ARPA FVG); Piero Capellari, Silvia Rivilli, Riccardo Snidar (LOD s.r.l.); Gianpiero Barbieri, Anna Fabris (Arco SolutionS s.r.l.); Pierluigi Barbieri (Università degli studi di Trieste, Dipartimento di scienze chimiche e farmaceutiche)*

## **Riassunto**

*Arpa FVG, nell'ambito del suo compito istituzionale di supporto tecnico alla Regione, ha presentato una proposta di linee guida per la valutazione dell'impatto odorigeno. Le linee guida sono il risultato di un importante lavoro di approfondimento e di confronto e collaborazione con diversi enti esterni. Il risultato è un documento pensato per coadiuvare la gestione delle autorizzazioni ambientali e la pianificazione territoriale attraverso la descrizione esaustiva della sorgente e l'analisi di dispersione; riporta gli strumenti da applicare per la valutazione e la quantificazione dell'impatto odorigeno e le loro modalità di utilizzo; contiene indicazioni in merito alla metodologia da usare per ottenere le informazioni necessarie a descrivere gli ambiti di analisi e le relazioni tra essi, attraverso l'utilizzo di opportuni indicatori. Infine, le indagini ai recettori consentono di gestire le situazioni problematiche eventualmente già instaurate sul territorio.*

## **Summary**

*Arpa FVG, as part of its mission of support to the Region, presented a proposal of guidelines for odour pollution evaluation. The guidelines are the result of an important in-depth study besides discussion and collaboration with various external stakeholders. The result is a document designed to assist in the management of environmental permits and land use planning through the exhaustive description of the source and the dispersion analysis; provides the tool to be used for the evaluation and quantification odour pollution and their methods of use; it contains guidance on the methodology to be used to obtain the information required to describe the scope of analysis and the relationships between them, through the use of indicators. Finally, the investigations to the receptors are used to manage problem situations eventually established in the region.*

## **1. Introduzione**

La gestione del tema delle molestie olfattive riguarda diversi ambiti delle attività istituzionali di enti locali e Regione. La Regione Friuli Venezia Giulia ha chiesto supporto ad Arpa per costruire un metodo che possa essere impiegato nel rilascio delle autorizzazioni ambientali e che possa allo stesso tempo servire da guida ai proponenti.

Le misurazioni o le simulazioni degli impatti olfattivi risultano efficaci se inserite all'interno di un modello concettuale, per mezzo del quale è possibile descrivere il fenomeno odorigeno nel suo insieme.

Il modello concettuale comprende tre **ambiti di analisi** che sono:

- sorgenti/emissioni,
- modalità di dispersione,
- recettori/immissione.

La linea guida riporta gli strumenti da applicare per la valutazione e la quantificazione dell'impatto odorigeno e le loro modalità di utilizzo; contiene pertanto indicazioni in merito alla metodologia da usare per ottenere le informazioni necessarie a descrivere gli ambiti di analisi e le relazioni tra essi, attraverso l'utilizzo di opportuni indicatori.

## **2. Campo di applicazione**

Le metodologie riportate nella linea guida si applicano nella valutazione degli impatti odoriferi di nuovi impianti o di modifiche di impianti esistenti sottoposti ad autorizzazione ambientale.

Viene preso in considerazione anche il caso di conclamati disturbi olfattivi ai recettori, riconosciuti a seguito di esposti da parte della popolazione, nel quale si applica una procedura operativa già ampiamente testata ed inclusa nella linea guida.

Il documento si propone anche per essere un ausilio nell'attività di pianificazione territoriale e di autorizzazione alle attività produttive delle amministrazioni locali, fornendo criteri di valutazione sui possibili impatti dovuti alle sorgenti odorigene.

## **3. Nuovi impianti o modifiche di impianti esistenti**

Le attività soggette ad autorizzazione ambientale devono presentare uno studio nel quale viene quantificato l'impatto odorigeno. Gli strumenti da utilizzare per la redazione dello studio dell'impatto odorigeno sono molteplici e devono essere utilizzati in modo organico seguendo un definito schema concettuale (vedi fig. 2).

### *3.1 Localizzazione dell'impianto (odour prone areas)*

Il primo passo riguarda il posizionamento dell'impianto sul territorio regionale. A tale scopo vengono fornite delle mappe che riportano le aree del territorio regionale critiche per la diffusione degli odori (Odour Prone Areas).

Per individuare tali aree si considera la propensione alla stabilità atmosferica ed alle calme di vento che contribuiscono fortemente a caratterizzare la propensione alla dispersione degli odori. La propensione alla formazione degli odori viene presa in considerazione utilizzando il parametro "giorni caldi".

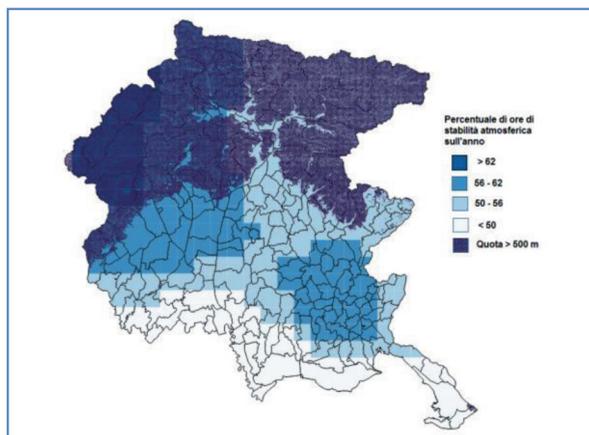
Per quanto riguarda la stabilità atmosferica è stata considerata la lunghezza di Monin-Obukhov,  $L$  che può definirsi come l'altezza sopra il livello del suolo per cui la produzione di turbolenza meccanica eguaglia quella termica; in particolare viene calcolato il parametro  $1/L$  e, per descrivere la stabilità atmosferica, si considerano i valori di  $1/L$  positivi. I valori  $1/L$  sono stati calcolati su risoluzione oraria nell'arco di un anno, in corrispondenza di alcuni punti significativi della regione. Le serie temporali sono state analizzate per ottenere la frequenza delle ore di stabilità atmosferica. I valori di frequenza sono stati spazializzati sul territorio regionale (thin-plane spline) su una griglia regolare di passo 5 km. I valori ottenuti sono stati riportati su mappa.

Anche le calme di vento sono state spazializzate per ottenerne la distribuzione sul territorio, come pure il parametro climatologico "numero di giorni con temperatura massima superiore a 25°C" (giorni caldi), mediato sugli anni disponibili, utilizzato per descrivere le caratteristiche climatiche che favoriscono la formazione di odori.

Le Odour Prone Areas sono le aree all'interno delle quali si reputa opportuno effettuare una

valutazione più approfondita degli impatti odorigeni. Per l'individuazione di tali aree si considerano delle soglie per i parametri analizzati. Le soglie considerate, tuttora in fase di test, sono: valori di percentuale di stabilità atmosferica superiori a 56%, i valori di calma di vento superiori a 8.2% ed il numero di giorni caldi superiore a 105.

Nelle aree a quote superiori ai 500 m la valutazione approfondita deve essere sempre condotta. In figura 1 si riporta a titolo esemplificativo la mappa riportante la percentuale di ore di stabilità atmosferica nell'anno.



**Fig. 1** – Percentuale di ore di stabilità atmosferica all'anno

### 3.2 Valutazione cautelativa di massima

Nel caso in cui il sito dell'impianto in analisi ricada all'esterno delle odour prone areas, lo studio viene condotto in modalità cautelativa senza richiedere un elevato livello di approfondimento e di dettaglio.

Lo studio deve contenere una descrizione della sorgente in termini fisici ed emissivi in modo da mettere in evidenza tutti i processi potenzialmente odorigeni anche con l'utilizzo dell'olfattometria dinamica. Deve inoltre relazionare valutazioni quantitative rispetto ad un set di indicatori scelti allo scopo di descrivere la sorgente stessa in termini di frequenza, intensità, durata, offensività ed estensione spaziale delle attività odorigene, sulla base del cosiddetto approccio FIDOL (Frequency, Intensity, Duration, Offensiveness, Location).

Deve essere prodotta anche una simulazione della dispersione degli odori relativa alle condizioni emissive e meteorologiche peggiori per la dispersione degli odori utilizzando un modello di tipo screening. Segue una verifica della presenza di recettori all'interno dell'area racchiusa dall'isolinea ad 1 OU/m<sup>3</sup> (dominio di controllo). Nel caso di assenza di recettori non sono necessari ulteriori approfondimenti nello studio preliminare. Il monitoraggio post operam potrà consistere nella sola compilazione del diario delle attività reputate ad impatto odorigeno; il monitoraggio è finalizzato alla verifica della sussistenza dei dati in input al modello di simulazione (monitoraggio di tipo A).

Nel caso di presenza di recettori all'interno del dominio di controllo, si procede ad un'indagine su eventuali segnalazioni pregresse di molestie olfattive già esistenti nell'area. A seconda dell'esito si distingue il tipo di monitoraggio in post operam: in assenza di segnalazioni pregresse si procede ad un monitoraggio di tipo A, in presenza di segnalazioni pregresse si procede con un monitoraggio di tipo B, che consiste nella compilazione del diario di attività di cui sopra e nella verifica sperimentale dei fattori emissivi valutati nella massima condizione emissiva.

### 3.3 Studio approfondito

Nel caso in cui il sito dell'impianto in analisi ricada in odour prone areas, lo studio viene condotto con un livello di approfondimento maggiore.

L'iter dello studio è analogo a quanto previsto nel caso precedente fino alla valutazione delle segnalazioni pregresse. Indipendentemente dall'esito, si procede ad una simulazione dell'impianto e in presenza di recettori all'interno del dominio di controllo è necessario presentare una mappa con un censimento delle altre potenziali sorgenti odorigene che ricadono all'interno della medesima isolina. Le potenziali sorgenti dovranno essere catalogate in due classi distinte: "sicuramente odorigene" e "potenzialmente odorigene".

Sulla base della presenza o meno di altre sorgenti all'interno del dominio di controllo si distinguerà il tipo di monitoraggio da effettuarsi in post operam.

Nel caso in cui all'interno del dominio di controllo non ricadano altre potenziali sorgenti, il monitoraggio in post operam sarà di tipo B1: compilazione del diario delle attività ad impatto odorigeno e caratterizzazione emissiva della sorgente mediante un adeguato numero di misure olfattometriche atte a suffragare i fattori emissivi utilizzati in input al modello.

Nel caso in cui all'interno del dominio di controllo ricadano altre potenziali sorgenti il monitoraggio, in post operam, sarà di tipo C ossia dovrà prevedere, oltre quanto previsto nel monitoraggio di tipo B1, anche campagne di misura con naso elettronico per valutare il contributo dell'impianto all'impatto odorigeno complessivo dell'area.

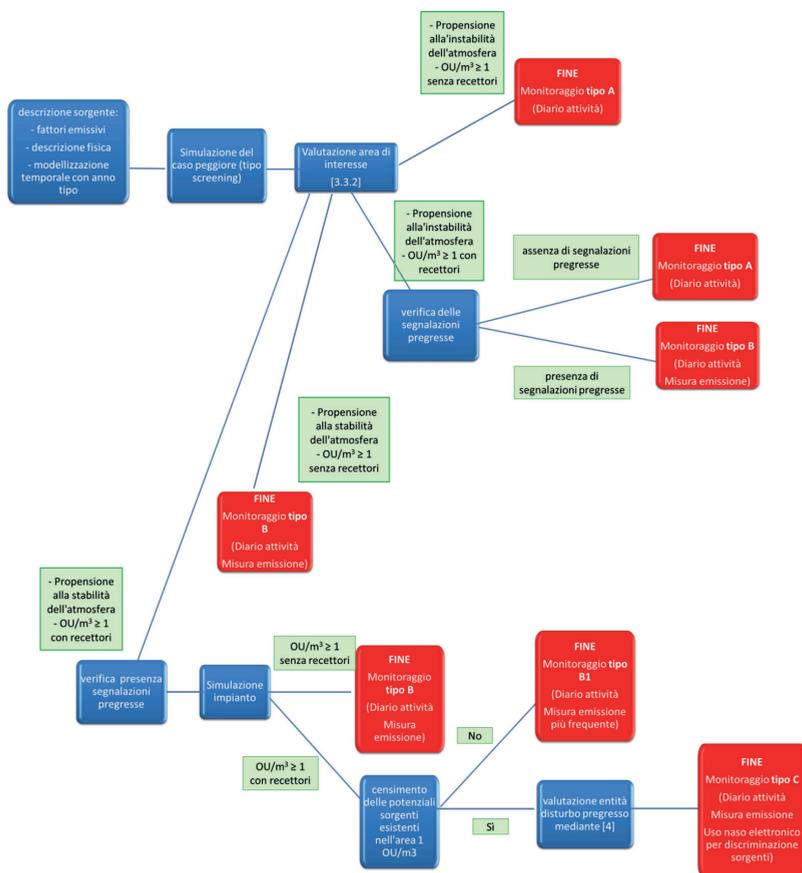


Fig. 2 – Albero decisionale per la valutazione dell'impatto odorigeno

#### **4. Valutazione dei casi di conclamata molestia olfattiva**

Il problema relativo alla quantificazione delle molestie olfattive percepite dalla popolazione residente e l'individuazione delle azioni di mitigazione più efficaci è affrontato mediante la predisposizione e l'applicazione di una procedura operativa ampiamente testata ed applicata con risultati positivi<sup>[1][2]</sup>.

La procedura prevede l'utilizzo integrato di più strumenti quali il monitoraggio sistematico mediante questionari, i campionamenti e l'analisi in olfattometria dinamica, l'utilizzo di nasi elettronici.

La procedura permette l'acquisizione di dati utili per la definizione quantitativa dell'impatto odorigeno percepito, l'individuazione delle sorgenti, la predisposizione di azioni mirate alla riduzione della molestia ed al successivo monitoraggio. La procedura è suddivisa in tre fasi per essere più flessibile nell'applicazione e può essere modificata al fine di meglio rispondere alle esigenze del caso:

- Fase preliminare conoscitiva
- Monitoraggio sistematico
- Approfondimento sulla tipologia di impatto.

La fase preliminare conoscitiva ha come obiettivo specifico la quantificazione dell'impatto odorigeno già percepito e la conseguente impostazione e preparazione del monitoraggio sistematico e si svolge attraverso la compilazione di questionari da parte dei segnalatori chiamati recettori pregressi. Nella fase preliminare è prevista l'istituzione di un gruppo di lavoro, la pianificazione del progetto di monitoraggio, la descrizione spaziale e temporale del disturbo segnalato e l'individuazione e caratterizzazione delle sorgenti da monitorare.

Gli obiettivi specifici del monitoraggio sistematico previsto nella seconda fase sono: la quantificazione dell'impatto odorigeno attuale, la caratterizzazione delle sorgenti e dei sottoprocessi fonte di odore, l'individuazione di eventuali misure mitigative.

Le attività da effettuarsi nella seconda fase sono: l'individuazione dei recettori di controllo, un'assemblea pubblica per comunicare alla cittadinanza dell'avvio del monitoraggio sistematico ed il reclutamento di eventuali altri recettori di controllo, il monitoraggio sistematico mediante questionari ai recettori e mediante diari dell'attività alle sorgenti, l'analisi dei dati.

Gli esiti del monitoraggio sistematico vengono presentati al gruppo di lavoro. In seno al gruppo di lavoro vengono scelti gli indicatori ritenuti più significativi per la descrizione dell'impatto e per la sua quantificazione.

Si procede con la terza fase qualora il gruppo di lavoro valuti insufficienti gli esiti del monitoraggio sistematico per individuare con esattezza la sorgente e le misure da adottare al fine di ottenere un impatto odorigeno sostenibile.

Obiettivo specifico della terza fase, pertanto, è l'individuazione precisa della sorgente e del sottoprocesso responsabile dell'impatto.

#### **5. Monitoraggio mediante l'utilizzo di strumentazione in continuo (nasi elettronici)**

Tra i metodi strumentali utilizzati per il monitoraggio degli odori, crescente importanza e diffusione hanno i sistemi multi-sensore denominati comunemente nasi elettronici (eNose). Nelle linee guida il loro utilizzo è previsto per analisi in ambiente, con lo scopo di discriminare i contributi di diverse sorgenti o quantificarli.

Nel caso di monitoraggio con nasi elettronici si chiede che lo studio di analisi dati contenga una valutazione su un set di requisiti ritenuti indispensabili per una risposta accettabile della strumentazione, che dovrebbe essere veloce, stabile, riproducibile e reversibile. Tali requisiti sono:

- Capacità discriminante;
- Sensibilità dei sensori;

- Ripetibilità e stabilità delle risposte strumentali rispetto alle variazioni di parametri ambientali;
- Ripetibilità e stabilità delle risposte strumentali nel tempo;
- Accuratezza;
- Accuratezza nella classificazione.

## 6. Conclusioni

Partendo dall'esperienza ricavata dall'applicazione delle Linee Guida della Regione Lombardia<sup>[3]</sup> e dal confronto con le diverse professionalità che si trovano ad affrontare sotto diversi aspetti il tema degli impatti odorigeni, è stato prodotto un documento che consentirà una gestione più equilibrata ed uniforme di un argomento complesso e sempre più sentito.

Il rilascio di autorizzazioni ambientali e la pianificazione territoriale potranno usufruire di uno schema concettuale e di indicazioni atte a supportare le decisioni, nonché di requisiti minimi per la strumentazione utilizzata.

## Bibliografia

[1] **Del Frate S., Bortolussi A., Catalano L., Delli Quadri F.I., Montagna T., Pillon A., Stel F., Sturzi F.**, *“Procedura operativa per un monitoraggio partecipato finalizzato alla valutazione quantitativa delle molestie olfattive dovute a sorgenti già attive sul territorio. Esempi di applicazione”* Ecomondo 2014

[2] **Del Frate S., Bortolussi A., Pillon A., Stel F., Sturzi F.** *“Supporto tecnico dell'ARPA FVG agli Enti locali nei casi di molestie olfattive. Applicazioni di una procedura operativa ed integrazione con i piani di monitoraggio e controllo”* Ecomondo 2015

[3] **D.g.r. 15 febbraio 2012 - n. IX/3018**, *“Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno”* Regione Lombardia, Bollettino Ufficiale, Serie Ordinaria n. 8 - Lunedì 20 febbraio 2012

# Analisi odorigena nelle frazioni di Roncocesi e Villa Sesso nel Comune di Reggio Emilia

*Davide Varini [dvarini@arpae.it](mailto:dvarini@arpae.it), Stefano Fornaciari [sfornaciari@arpae.it](mailto:sfornaciari@arpae.it),  
 Monica Sala [msala@arpae.it](mailto:msala@arpae.it), Maria Elena Manzini [emanzini@arpae.it](mailto:emanzini@arpae.it)  
 Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia della Regione Emilia Romagna  
 Sezione di Reggio Emilia*

## Riassunto

*Per far fronte alle segnalazioni per odore molesto nelle frazioni di Roncocesi e Villa Sesso, nel comune di Reggio Emilia, provenienti da una ditta attiva nel settore del rendering è stato effettuato uno studio dell'impatto odorigeno. Attraverso l'analisi dell'aria dal punto di vista chimico ed olfattometrico, grazie all'utilizzo di strumenti come il naso elettronico ed un campionatore di sacchi di aria attivabile in remoto, è stato possibile quantificare l'odore e ottenere un modello di ricaduta degli stessi sui recettori.*

## Summary

*To face the warning of odour emission in Roncocesi and Villa Sesso, suburbs of Reggio Emilia, belonging to a company working on the rendering field, has been accomplished an odour impact survey.*

*Through the analysis of the air from a chemical and olfactometric point of view, thanks to the use of some instruments like the electric nose and the air sampler that can be activated in remote, it has been possible to quantify the odour emission and to obtain a relapse model on the receptors themselves.*

## 1. Introduzione

Numerose segnalazioni, inizialmente provenienti dall'abitato di Roncocesi, Comune di Reggio Emilia, ed aventi come oggetto la presenza di odori molesti provenienti da un'azienda che si occupa di rendering, si sono estese in tempi recenti anche alla frazione di Villa Sesso, distante circa 2 Km dalla prima, dalla quale singoli cittadini hanno dato notizia del medesimo problema presumendone la stessa origine. Nel corso dei primi mesi del 2016 è stata pertanto attuata una campagna di approfondimento dei problemi segnalati anche con l'utilizzo di nuove apparecchiature acquisite dalla rete regionale ARPAE (naso elettronico, campionatore di sacchi in remoto). Durante le ispezioni effettuate si è approfondito il processo produttivo soprattutto dal punto di vista impiantistico discriminando le fasi più critiche in termini odorigeni. Si è deciso pertanto di continuare l'approfondimento del tema odori attraverso un'indagine chimica ed olfattometrica per fornire un quadro più esaustivo possibile dei fenomeni segnalati. Lo studio si è articolato in una serie di attività:

- prelievo e analisi olfattometrica dell'aria nelle varie fasi del processo produttivo;
- rilevazione continua della qualità dell'aria con sistema olfattivo elettronico;

- campionamento aria presso abitazione di un segnalante durante eventi odorigeni;
- prelievo e analisi chimica dell'aria nelle varie fasi del processo produttivo;
- rilevazione dati meteorologici del periodo indagato;

## 2. Area di studio

L'area in esame è costituita dai centri abitati di Roncocesi, posto a circa 700 m dall'impianto, e Villa Sesso a circa 2 Km, frazioni del Comune di Reggio Emilia, Pianura Padana, Italia.

## 3. Obiettivi dell'indagine

La campagna di indagine si è posta le seguenti finalità:

- Verificare la eventuale correlazione tra le segnalazioni comunicate e l'origine in esse indicata;
- Individuare e valutare i punti critici del ciclo produttivo con riferimento alle emissioni condottate e/o diffuse dell'azienda, probabile origine degli odori;
- Caratterizzare le emissioni da un punto di vista chimico, sia per mettere in evidenza eventuali traccianti utili per seguire l'evoluzione del fenomeno ed anche al fine di valutarne il potenziale impatto sanitario da parte degli Enti Competenti;
- Ipotizzare eventuali soluzioni tecnologiche e/o gestionali a seguito dell'analisi dei punti critici;
- Stimare le ricadute sul territorio e la loro localizzazione a partire dai dati di input noti (emissioni in atmosfera, database meteorologico) in termini di Unità Odorigene.

## 4. Attività svolta

L'attività svolta si può suddividere in 2 tipologie di indagini:

1. Analisi dell'attività produttiva in esame: studio del processo produttivo, impiantistico e di contenimento delle emissioni, nonché analisi storica dei controlli e autocontrolli dell'impianto. Ispezioni presso l'impianto volte a dettagliare il ciclo produttivo sotto il profilo delle potenziali emissioni odorigene, prelievi ed analisi chimiche dell'aria prelevata in alcune fasi del processo.

2. Indagine olfattometrica dell'aria esterna: rilevazione continua della qualità dell'aria con sistema olfattivo automatico (naso elettronico) presso l'abitato di Roncocesi; campionamento e analisi di aria prelevata presso abitazione di un segnalante di Villa Sesso, durante eventi odorigeni, mediante strumentazione attivata da remoto; rilevazione dati meteorologici nel periodo indagato.

### 4.1 Analisi dell'attività produttiva in esame

L'impianto produttivo è costituito da attività di rendering al servizio di macelli presenti prevalentemente sul territorio regionale. Le principali operazioni svolte sono costituite da ricezione materia prima, triturazione e cottura, colatura del grasso, pressatura della parte proteica e sua successiva macinazione, stoccaggio e conferimento presso terzi. Gli impianti di depurazione si configurano in: post combustore termico per i fumi provenienti dal cuocitore e parte dell'aria ambiente dei locali di lavorazione, biofiltro al servizio delle restanti attività.

Nota da tempo la problematica odorigena, gli approfondimenti hanno riguardato principalmente l'effettiva applicazione delle migliori tecniche di abbattimento (BAT) di settore e le modifiche apportate dal gestore alle aspirazioni applicate per migliorare l'efficacia di captazione e il trattamento degli effluenti.

Attività preliminare è stata la caratterizzazione olfattometrica delle ipotizzate emissioni odorigene (vedi Tabella 1) e delle aree esterne di pertinenza dell'azienda. In ogni punto di campionamento in cui si è ritenuto utile quantificare l'intensità di odore, sono stati eseguiti prelievi di aria in doppio: un campione è stato utilizzato per l'addestramento del sistema olfattivo

elettronico (naso elettronico) e l'altro è stato utilizzato per l'analisi olfattometrica [1]. In un secondo momento sono stati effettuati ulteriori campioni per l'analisi chimica.

#### 4.2 Indagine olfattometrica dell'aria esterna

Punto centrale dello studio è stato il monitoraggio della qualità dell'aria a Roncocesi (area cortiliva della scuola elementare) con acquisizione in continuo della presenza di odore. A tale scopo la strumentazione è stata preventivamente "addestrata" al riconoscimento delle categorie di odori tipiche delle varie sorgenti individuate presso la ditta (Tabella 1). Il periodo di osservazione è risultato compreso tra febbraio e aprile 2016 ritenuto congruo allo scopo del presente studio così come risulta anche dalla consultazione di precedenti e simili indagini condotte a livello regionale [2].

L'abitato di Villa Sesso è stato indagato con la collaborazione di un privato cittadino, attivando da remoto il prelievo di campioni estemporanei a partire dal momento esatto in cui veniva segnalata la percezione degli odori in questione. Il numero dei campioni è risultato di 7 unità. Le principali sorgenti potenziali portatrici di sostanze odorogene, sono state caratterizzate anche sotto l'aspetto della composizione chimica con lo scopo di individuare traccianti e sostanze di interesse sanitario. Tutta la campagna di rilevamento è stata accompagnata sia dalle misure di direzione e velocità del vento presso la località di Roncocesi, che assumendo dati meteorologici della rete di rilevamento regionale della qualità dell'aria in gestione ad ARPAE.

### 5. Elaborazione dati e risultati

Con i prelievi presso l'impianto (punti indicati nella precedente Tabella 1) e le analisi degli stessi, è stato possibile individuare diverse categorie di "arie odorogene" caratteristiche delle singole attività svolte nel ciclo produttivo e connessi impianti di depurazione.

La loro classificazione, secondo l'intensità misurata alla sorgente, ha permesso di evidenziare quelle a maggior probabile impatto.

I risultati hanno evidenziato come le concentrazioni di odore siano molto diverse fra loro, in particolare sono risultati significativi i valori riscontrati sul biofiltro che peraltro hanno mostrato una concentrazione di odore molto variabile: i 2 campioni prelevati erano notevolmente differenti fra loro.

| Sorgente        | Concentrazione di odore (U.O./m <sup>3</sup> ) |                  | Portata aut. (Nm <sup>3</sup> /h) | Flusso di odore (U.O./secondo) |
|-----------------|--|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| E5- Biofiltro   | 59   | lato nord        | 24200                             | 1842                           |
|                 | 1272   | lato sud         |                                   |                                |
|                 | 274  | media geometrica |                                   |                                |
| Monte biofiltro | 10624  |                  | 24200                             | 71417                          |
| Sala presse     | 6720   |                  | \                                 | \                              |
| Locale mulino   | 164  |                  | \                                 | \                              |
| E3- PCT         | 345  |                  | 27500                             | 2635                           |

**Tab. 1** – Concentrazione odore e flusso di odore

- Dati Roncocesi: il database delle misure in continuo del sito Roncocesi (naso elettronico), ha evidenziato l'effettiva presenza di sostanze odorogene con caratteristiche omogenee con quelle riscontrate presso la ditta. Tali corrispondenze sono state quantificate considerando un angolo di circa 40° rispetto alla direzione sorgente/recettore..

I dati meteorologici rilevati nel corso delle misure, confermano la compatibilità della relazione sorgente/recettore.

- Dati Villa Sesso: le stesse considerazioni valgono per quanto attiene ai campionamenti e ai corrispondenti riconoscimenti con naso elettronico effettuati presso il sito di Villa Sesso. In questo secondo caso, pur considerando il minor numero di dati a disposizione (7 eventi monitorati), risulta rilevante che, in tutte le circostanze analizzate, esiste congruità tra categorie di “arie odorigene” misurate e dati meteorologici. Significativi sono risultati gli orari delle segnalazioni, avvenute per quasi totalità al mattino (05:00 – 08:00), e la bassa velocità dei venti < 1 m/s. In entrambi i casi (sito Roncocesi e Villa Sesso) tra le categorie individuate dal sistema analitico si sono riconosciute come maggiormente presenti le “arie odorigene” classificate come “presse” e “valle biofiltro”.

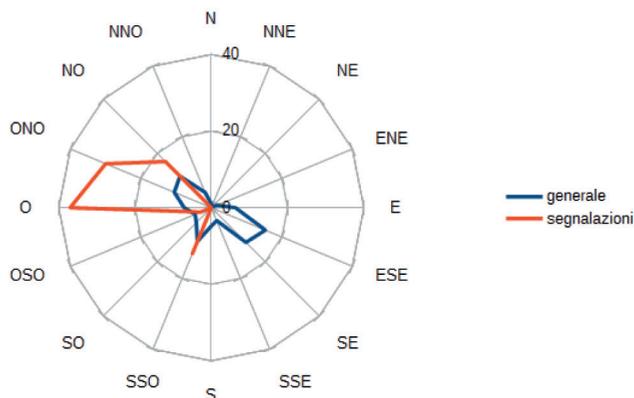


Fig. 1 – Direzione vento generale e durante le segnalazioni misurate dalla centralina meteo del naso elettronico

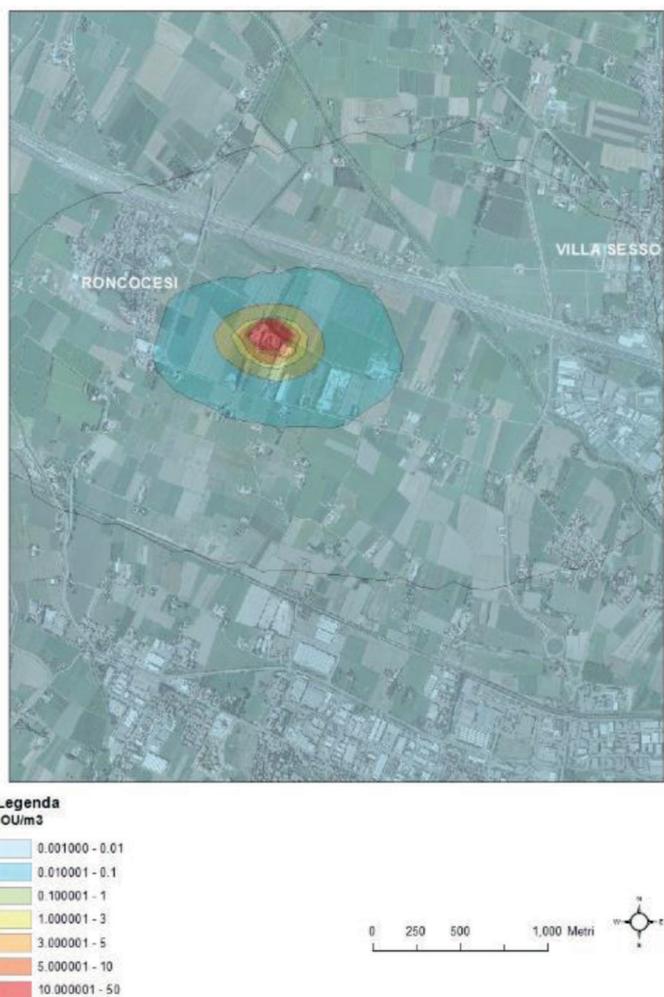
## 6. Analisi qualitativa

Parallelamente all’analisi odorigena è stata effettuata un’indagine qualitativa dell’aria proveniente dalle principali fasi del processo produttivo.

I campioni sono stati analizzati mediante gascromatografia-spettrometria di massa. I risultati indicano come, dal punto di vista della presenza delle sostanze chimiche, le sorgenti indagate presentino consistenti analogie qualitative. I campioni prelevati a valle del biofiltro risultano essere sovrapponibili in termini quali-quantitativi, mentre nell’analisi olfattometrica vi era molta differenza in termini di concentrazione di odore (Unità Odorigene).

## 7. Modello di dispersione

Al fine di individuare l’esposizione in termini di UO/m<sup>3</sup> dei recettori analizzati, si è proceduto ad una elaborazione modellistica dei dati ottenuti dalle precedenti indagini. Per le simulazioni è stato utilizzato il modello lagrangiano a particelle LAPMOD [3] che, oltre alla dispersione di inquinanti convenzionali, è in grado di simulare in atmosfera anche la dispersione delle sostanze odorigene. Come sorgenti sono state considerate le emissioni puntuali del post-combustore dell’azienda e l’emissione della sorgente areale del biofiltro. Per ogni simulazione sono stati riportati i valori di riferimento indicati dalle linee guida della Regione Lombardia espressi come 98° percentile delle concentrazioni di picco calcolato su base annuale [4].



**Fig. 2** – 98° percentile della concentrazione di odore

Attualmente non esiste una norma nazionale sulla questione degli odori pertanto si è fatto riferimento alla normativa lombarda (Figura 2). I valori ottenuti da ulteriori simulazioni modellistiche che considerano anche i massimi delle concentrazioni riscontrate alle emissioni, evidenziano che in quelle particolari condizioni e in limitati periodi, possono verificarsi situazioni in cui la popolazione percepisce l'odore.

## 8. Conclusioni

Lo studio condotto mostra con sufficiente chiarezza la correlazione tra emissioni odorigene e recettori. Se tale relazione era ipotizzabile per il sito di Roncocesi, viene confermata anche per la località Villa Sesso, in particolari condizioni, la presenza di ricadute, in concentrazioni tali da essere percepite dai residenti, nonostante la distanza intercorrente (circa 2 km). Il periodo dell'indagine ha evidenziato caratteristiche meteorologiche del tutto confrontabili con l'andamento stagionale tipico e già da tempo noto per l'area territoriale in esame. Le segnalazioni pervenute sono compatibili con l'andamento generale dei venti che privilegia le

direzioni caratteristiche del bacino padano NO-SE. Gli orari delle percezioni potrebbero trovare conferma (pur in assenza di rilevazioni locali) da situazioni di inversione termica sfavorevoli alla dispersione/diluizione delle emissioni tipiche del territorio. Da considerare inoltre che la frequenza delle segnalazioni durante l'indagine è sicuramente influenzata dall'effettiva presenza sul luogo del/dei segnalanti che hanno collaborato con la registrazione della percezione degli odori in termini di orari e tipologia dell'odore. La persistente bassa intensità dei venti riscontrata, può aver determinato piuttosto che ricadute, il "trasferimento di odori" e influenzato negativamente la diluizione e la dispersione delle sostanze odorigene. Il ciclo produttivo in esame è caratterizzato da esalazioni odorigene molto simili in ogni sua fase. La caratterizzazione quali quantitativa delle sorgenti ha evidenziato come potenziali sorgenti prevalenti le "presse" e il "valle biofiltro". Se per la seconda si tratta di una emissione areale con caratteristiche non comuni ma sufficientemente note da poterne determinare la sua ricaduta, nel primo caso sembrerebbe essere presente una emissione diffusa da valutare. Occorre inoltre sottolineare che le "arie odorigene" non sono risultate così differenti tra loro all'analisi delle sostanze chimiche di cui sono composte.

### **Bibliografia**

- [1] UNI EN 13725-2004: Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica
- [2] Forti S. - Del Carlo A. - Amato S. - Pisa M. - Tonelli M. - Monitoraggio delle emissioni odorigene impattanti sull'area residenziale di Castelnuovo Rangone: indagini chimiche, olfattometriche e sperimentazione con sistema olfattivo elettronico - ARPAE Sezione provinciale di Modena-2015.
- [3] LAgrangian Particle MOdel. Modello Lagrangiano a particelle per la dispersione di inquinanti in atmosfera (Modulo Odori). Version 20151001.
- [4] D.G.R. 15 febbraio 2012 n. IX/3018 emanata dalla Regione Lombardia: linee guida per la caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno.

# MONITORING & CONTROL

## QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR: RESPONSABILITÀ, OBBLIGHI E OPPORTUNITÀ. QUALI PROPOSTE PER LA COMUNITÀ EUROPEA E PER L'ITALIA

La sessione illustra le diverse azioni e i programmi in corso sulla qualità dell'aria indoor (ad es. Uffici, scuole, ospedali, case, veicoli) sia a livello nazionale che europeo. Gli argomenti trattati comprendono la ricerca e l'innovazione, l'industria, la certificazione e gli aspetti normativi, la formazione, il monitoraggio e la valutazione dell'aria indoor.

A cura di: **CTS Ecomondo, Istituto Superiore di Sanità**

**Presidenti di sessione:**

- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*
- Stefano Capolongo, *Politecnico di Milano*



# Messa a punto di una metodologia di un setup sperimentale per la valutazione del comfort e qualità dell'aria negli ambienti indoor scolastici soggetti a riqualificazione energetica

*Patrizia Aversa, [patrizia.aversa@enea.it](mailto:patrizia.aversa@enea.it), Giuseppe Camporeale, Valerio Pfister, Vincenza Luprano*  
ENEA- Lab Materiali Funzionali e Tecnologie per Applicazioni Sostenibili  
Centro Ricerche di Brindisi

## **Riassunto**

*Il Comune di Mesagne che ha finanziato l'esecuzione di Lavori di efficientamento energetico e miglioramento della sostenibilità ambientale della scuola Media Secondaria di I Grado "Maja Materdona", e l'Unità SSPT-PROMAS-MATAS dell'ENEA, collegandosi agli obiettivi del progetto EFFEDIL - Soluzioni innovative per l'EFFicienza Energetica in eDILizia - nell'ambito del PON 2007-2013, hanno proposto un accordo di collaborazione che prevedeva lo sviluppo di un protocollo sperimentale per la verifica dei risultati della riqualificazione effettuata e la divulgazione dei temi riguardanti l'efficienza energetica. Tra gli obiettivi, oltre a sviluppare soluzioni sostenibili per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'edilizia dei paesi a clima temperato e caldo, quello di poter mettere a punto una metodologia e un set sperimentale per la valutazione del comfort e della qualità dell'aria nell'ambiente scolastico ex ante e post intervento. È ormai noto, infatti, che il comfort e la qualità dell'aria possono essere influenzati non solo dalla presenza umana e dalla sua attività, ma anche dai materiali utilizzati per la costruzione e prodotti per le finiture, dagli arredi, dagli impianti di climatizzazione, dai prodotti utilizzati per le pulizie e dall'inquinamento outdoor.*

## **Summary**

*The Municipality of Mesagne which funded the execution of energy efficiency works to improve the environmental sustainability of the Middle School Grade I Secondary "Maja Materdona", and SSPT-PROMAS-MATAS ENEA Unit, connecting to the project objectives EFFEDIL - innovative solutions for energy efficiency in buildings - in the 2007-2013 PON, have collaborated for the development of an experimental protocol for the verification of the results obtained after the energy improvement of the building and for the dissemination of these results. Among the objectives, in addition to developing sustainable solutions for buildings to improve energy efficiency in temperate and warm climate countries, to be able to develop a methodology and experimental facilities for the comfort assessment and air quality in the school environment ex ante and post surgery. Nowadays it is known, in fact, that the comfort and air quality may be affected not only*

*by human presence and its activities, but also by the materials used for construction and finishing products, from furniture, by climate control systems, the products used for cleaning and outdoor pollution.*

## **1. Introduzione**

Nelle Linee guida per la Tutela e la salute negli ambienti confinati emanate dal 2001 dal Ministero della Salute [1], le scuole sono incluse nell'elenco degli ambienti di vita e di lavoro non industriali, definiti come ambienti *indoor*, per i quali è riconosciuta una stretta associazione tra qualità dell'aria e insorgenza di effetti negativi sulla salute degli occupanti.

In natura sono sempre esistite fonti naturali di inquinamento (eruzioni vulcaniche, incendi, trasporto di materiale particolato da regioni aride in seguito ad eventi ventosi, etc) che alterano la composizione atmosferica [2]. Ad essi si sono aggiunti gli inquinanti generati da sorgenti antropiche, da produzione industriale, da traffico veicolare, da fumo di sigaretta, da impianti di condizionamento, compresi materiali da costruzione [3-4], materiali per gli arredi, per la pulizia che, negli ultimi anni per effetto delle politiche del territorio destinate a promuovere lo sviluppo sostenibile e la salute dei cittadini tra cui riqualificazione energetica degli immobili, stanno generando nuove problematiche su quello che è definito il comfort ambientale *indoor* e l'insorgenza degli effetti negativi sugli occupanti con un aumento esponenziale di alcune patologie delle vie respiratorie come ormai riportato da diversi studi [5].

Nello svolgimento delle attività è stato data particolare attenzione nel cercare di individuare limiti e criticità delle problematiche e delle misure effettuate in un ambiente così complesso come quello scolastico, al fine di pianificare e mettere a punto delle metodologie da convalidare con dati coerenti tra la qualità dell'aria *indoor* e le attività quotidiane svolte, passando in primis attraverso la informazione e la consapevolezza dell'utente finale ovvero gli alunni [6].

## **2. Relazione**

### *2.1 Obiettivi e fasi del progetto*

Lo studio per campagna sperimentale in scenario reale attraverso una rete di sensori per la qualità dell'aria è iniziata nel 2014 sul confort microclimatico e sugli eventuali inquinanti fisici e chimici presenti nella scuola è stato effettuato nella Scuola Media Maja Materdona di Mesagne. Lo studio è stato collocato nell'ambito di un progetto di riqualificazione con lo scopo di poter avere in futuro una gestione mirata e sistematica della qualità dell'aria con ripercussioni positive a vantaggio della collettività [7]. La campagna sperimentale è stata inoltre utilizzata come vettore divulgativo di buone pratiche, affinché il cittadino di domani potesse acquisire informazioni sulle politiche energetiche con l'obiettivo di ridurre lo spreco di risorse con maggior benefici possibili.

Per rendere comprensibili i dati misurati in continuo attraverso le centraline costituite da una rete di sensori commerciali e sperimentali, è stato necessario formare preventivamente gli alunni attraverso lezioni frontali in aula sulla tipologia degli inquinanti in aria più comuni e rilevabili in città, sul loro effetto sugli uomini e sull'ambiente; nonché sul significato di benessere dei locali *indoor* [8]. Allo scopo sono stati sviluppati dei questionari, poiché il monitoraggio *indoor* in continuo doveva necessariamente essere sostenuto da un rilievo puntuale, durante le normali attività. Sono state quindi elaborate schede di rilievo giornaliera, in cui si chiedeva di segnalare con attenzione, durante l'orario scolastico, la variazione del numero di persone e l'apertura/chiusura di porta e finestre durante le ore di lezione, o le attività svolte, nonché i ricambi d'aria e gli orari di pulizia effettuati dal personale preposto [9].

Per il monitoraggio sono state utilizzate 2 centraline di cui 1 prototipale NASUS [10] realizzata nei laboratori ENEA posta in prossimità di un affaccio sulla strada per il monitoraggio di

indicatori di inquinamento (in ppm) da traffico urbano, da emissioni di caldaie o emissioni da siti industriali quali CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub>,

Mentre una centralina commerciale AEROQUAL è stata utilizzata per il monitoraggio di indicatori di inquinamento dell'aria *indoor* tra cui COVs e formaldeide (in ppm), indicatori di inquinamento potenzialmente proveniente da materiali utilizzati in edilizia, arredi, prodotti per la pulizia e manutenzione. Allo stesso tempo sono stati monitorati per la valutazione del confort microclimatico la temperatura (°C), l'umidità relativa interna UR (%) e la CO<sub>2</sub> con la centralina protipale NASUS.

Per il conseguimento degli obiettivi è stato necessario mettere a punto un protocollo sperimentale per rendere parte integrante al progetto degli studenti.

## 2.2 Analisi dei dati

I dati di origine analizzati sono stati generati dalla:

- stazione portatile commerciale AEREOQUAL, per i COV e formaldeide;
- centralina prototipale NASUS, per CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub> T°C,UR% [14]
- schede di rilievo giornaliero degli studenti;
- dati meteo della stazione di Brindisi (dati da pagine web eurometeo);
- dati di CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> da pagine web ARPA Puglia. Parametri misurati 2 stazioni rispettivamente poste ad una distanza in linea d'aria di 750 m e 1450 m;
- dati pluviometro di Mesagne (dati da pagine web sito dedicato).

Utilizzando le schede di rilievo compilate dagli studenti si sono avute informazioni sul numero di persone presenti nella classe durante l'orario di attività scolastica e sullo stato di finestre e porta (chiusura o apertura, anche parziale).

Attraverso la stazione meteo di Brindisi (che si trova a circa 16 km di distanza dalla Scuola) sono stati acquisiti dati di temperatura, umidità e anemometrici (intensità e direzione del vento).

Mentre i dati della centralina NASUS sono stati "sincronizzati" con le informazioni provenienti dalle schede di rilievo degli studenti per rendere più immediate le valutazioni sull'eventuale dipendenza dai cambiamenti (numero di persone o apertura/chiusura di porta e/o finestre) avvenuti nell'ambiente monitorato fig 1.

Di fatto, il rilievo giornaliero degli studenti, ha senza dubbio permesso una migliore interpretazione sulle variazioni dei segnali monitorati all'interno della classe.

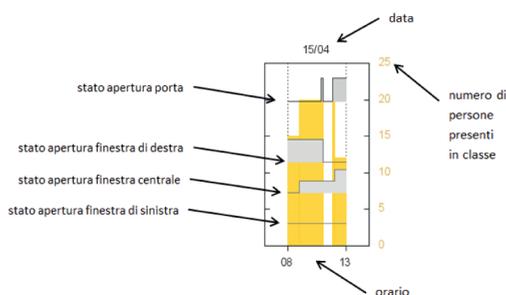
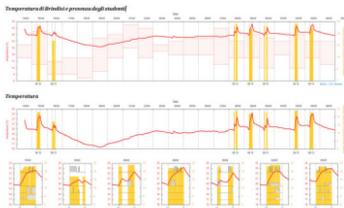


Fig. 1 – Sincronizzazione

## Temperatura

La bontà delle operazioni di rilievo degli studenti e di sincronizzazione dei dati viene sottolineato da come la temperatura rilevata risenta della presenza di attività all'interno della classe: la variazione della rapidità con cui aumenta la temperatura è in funzione del numero di presenze in classe e diminuisce nei momenti di pausa o fine attività.

I profili di temperatura evidenziano come in presenza di attività all'interno della classe la temperatura aumenti più rapidamente rispetto alle variazioni legate al ciclo naturale ed in maniera più consistente quando tutti gli infissi risultano chiusi (Fig 2).



**Fig. 2 – Temperatura**

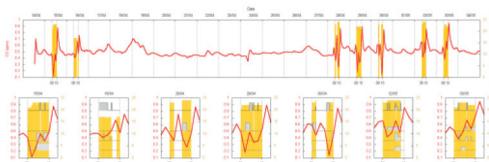
Quando vengono aperti gli infissi verso l'esterno (finestre) la pendenza della curva di temperatura diminuisce. Durante il periodo di interruzione delle attività scolastica (vacanze di Pasqua) il profilo di temperatura misurato all'interno della classe segue l'aumento della temperatura esterna.

### **Umidità relativa**

Aumenta in presenza di attività in classe con finestre e porta chiuse. L'umidità diminuisce con l'apertura degli infissi verso l'esterno (finestre) mentre l'apertura di infissi verso l'interno (porta) produce in genere un'attenuazione della rapidità con cui aumenta il parametro umidità relativa.

### **Monossido di carbonio**

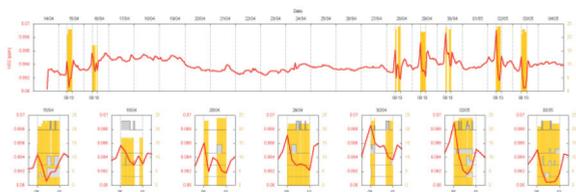
In incremento dopo le attività in coincidenza con l'orario di uscita. Presumibilmente il piccolo incremento potrebbe essere dovuto alla concentrazione di traffico veicolare. Anche se il comportamento non si presenta con sufficiente ricorrenza statistica ma l'apertura delle finestre sembra portare a nuovi incrementi della concentrazione (Fig 3).



**Fig. 3 – Monossido di carbonio – CO**

### **Diossido di azoto**

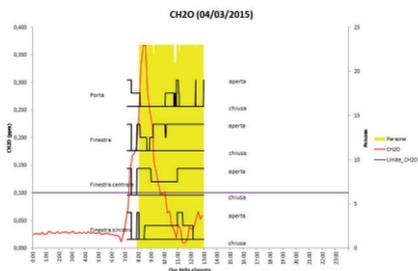
Nelle fasi che precedono immediatamente l'inizio della attività si registra un incremento della concentrazione. Durante la fase di attività si ha di norma una riduzione della concentrazione mentre non appare presentare sempre lo stesso effetto all'apertura di porte o finestre. Le oscillazioni che si riscontrano risultano comunque comprese nella tolleranza strumentale (Fig 4).



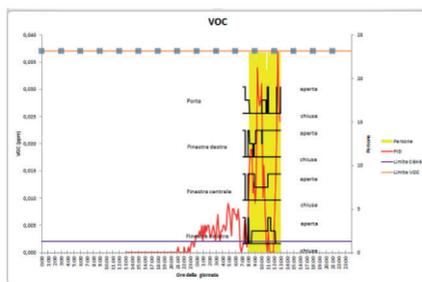
**Fig. 4** – Diossido di Azoto -NO<sub>2</sub>

### Formaldeide e VOCs

Nelle fasi che precedono immediatamente l’inizio della attività si registra un incremento della concentrazione che poi ridursi per effetto dell’apertura della finestra. Il picco relativo alla formaldeide potrebbe, con molta probabilità, imputarsi all’uso di detergenti a base alcool utilizzati per le pulizie prima dell’inizio delle attività, ed anche ad un aumento del traffico veicolare in coincidenza dell’ingresso ed uscita degli alunni. Le stesse considerazioni al momento possono essere fatte per il monitoraggio dei COVs, per entrambi i casi i dati potrebbero essere assimilabili (Fig 5-6)



**Fig. 5** – Formaldeide CH<sub>2</sub>O



**Fig. 6** – COVs

### Confronto con temperature di Brindisi

Nella figura 3 è riportata, giorno per giorno, l’escursione di temperatura della stazione meteo di Brindisi. La traccia della misura di Mesagne non presenta dati in contraddizione con le misure registrate a Brindisi tenuto conto della distanza dal punto di misura certificato e dal fatto che si trova in ambiente chiuso.

Durante il periodo di interruzione delle attività scolastica (vacanze di Pasqua) il profilo di temperatura misurato all’interno della classe segue l’aumento della temperatura esterna (fig 3).

### Confronto con misure ARPA

L’analisi delle tracce rilevate in aula incrociate con le misure ARPA per CO risultano confrontabili solo nel periodo di assenza di attività scolastica (vacanze pasquali) (fig 7).



**Fig. 7** – Confronto per CO dei dati centralina prototipale e ARPA in Mesagne le linee verdi corrispondono alla stazione ARPA di via Antonucci

L'analisi della correlazione tra medie giornaliere monitorate e dati ARPA può essere sintetizzata nella tabella che riporta per ogni accoppiamento di misure ARPA-NASUS il valore di  $R^2$  come da tabella 1 che segue:

| NASUS           | ARPA 1          |                 | ARPA 2          |         |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
|                 | NO <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO      |
| CO              |                 |                 |                 | 0.00387 |
| SO <sub>2</sub> |                 | 0.21177         |                 |         |
| NO <sub>2</sub> | 0.16508         |                 | 0.07209         |         |

**Tab.1** – Analisi della correlazione tra misure ARPA-NASUS

I valori di CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> misurati sperimentalmente in aula e quelli misurati con la centralina ARPA, non evidenziano una buona correlazione. Ciò potrebbe essere dovuto alla distanza tra i punti di misura delle centraline ARPA e le stazioni di monitoraggio in aula.

### 3. Risultati

Dai dati preliminari ottenuti non si rilevano significativi valori di inquinanti in aula, che sempre risultano contenuti ben al di sotto dei valori guida/riferimenti elaborati. È stato rilevato l'aumento del monossido di carbonio in entrata e in uscita probabilmente dovuto all'aumento della presenza di macchine in strada. Alla luce di quanto effettuato si ritiene fondamentale, per un prossimo monitoraggio, rilevare i parametri climatici esterni per comprendere meglio i possibili fattori dipendenti da gas inquinanti presenti all'esterno dell'edificio scolastico.

### 4. Conclusioni

In Italia non c'è una normativa [1, 6] specifica a livello nazionale per il controllo della qualità dell'aria *indoor* negli edifici. Esistono comunque delle norme che vengono emanate dai Comuni, nell'ambito del Regolamento di Igiene e Sanità, e che fissano dei parametri di salubrità delle abitazioni e degli abitati in genere. Queste norme seguono le indicazioni emanate dal Ministero della Salute ed individuano, fra le varie cose, anche varie raccomandazioni obbligatorie relative alla ventilazione, alla presenza delle canne fumarie, alla volumetria degli alloggi, ecc. Tra le regioni virtuose la Puglia nell'adozione del protocollo ITACA [11] per quanto riguarda il benessere negli ambienti *indoor*, assegna alla qualità ambientale *indoor* un punteggio complessivo del 20%, ripartito fra ventilazione (20%), benessere termoisometrico (20%), benessere visivo (15%), benessere acustico (30%) e inquinamento elettromagnetico (15%). Il concetto di sostenibilità esteso alla qualità ambientale impone quindi necessariamente di riconsiderare i materiali e il loro sviluppo in modo tale che essi possano meglio garantire il rispetto di tali requisiti. L'utilizzo di questo protocollo di valutazione (imposto dalla legge regionale sull'abitare sostenibile [11-12] renderà necessario nei prossimi anni il ricorso a valutazioni delle condizioni di benessere e allo studio delle interazioni fra esse e le proprietà dei materiali. Per questo motivo possiamo cominciare a considerare che il monitoraggio dell'inquinamento è ormai uno strumento indispensabile per il controllo della e la salute dei cittadini [13-14] in virtù anche del fatto che dai risultati preliminari ottenuti attraverso la familiarizzazione presso le Scuole dei temi dell'inquinamento indoor e della sicurezza chimica possa indurre ad una maggiore consapevolezza delle problematiche ed attivare [5] comportamenti virtuosi ed accettabilità sociale delle tecnologie sviluppate. I riscontri positivi sono stati tali da poter programmare una campagna a lungo termine a fini preventivi e validata, per il monitoraggio dell'aria negli ambienti indoor.

Questo lavoro è stato parzialmente supportato dal progetto PON EFFEDIL (EFFicient Energy builDing Innovative soLutions contratto PON02\_00323\_2938699) e dal progetto PON BAITAH (contratto PON01\_00980).

## **Bibliografia**

- [1] La qualità dell'aria in ambienti confinati: nuovi orientamenti nazionali e comunitari, Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità, Vol. 25, pp. 7-10. Settimo, G. (2012),
- [2] Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente *indoor*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013. (Rapporti ISTISAN 13/4).
- [3] Italia. Gazzetta Ufficiale. DLgs 19 agosto 2005, n. 192: Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.  
Italia. Gazzetta Ufficiale. DPR 2 aprile 2009, n. 59 Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- [4] Puglia. Legge Regionale n.13 del 2008 ("Norme sull'abitare sostenibile"). Gazzetta regionale. 13/06/2008 n. 93.
- [5] La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor*. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 28 maggio 2014. Atti. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2015. (Rapporti ISTISAN 15/4).
- [6] Settimo, G. Qualità dell'aria negli ambienti confinati: aspetti tecnici e legislativi". Rapporti ISTISAN 15/4.
- [7] Inquinamento indoor negli ambienti scolastici Qualità dell'aria nelle scuole: un dovere di tutti, un diritto dei bambini Gruppo di lavoro GARD Italy Quadro conoscitivo sulla situazione italiana e strategie di prevenzione
- [8] WHO Regional Office for Europe, "WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants", 2010.
- [9] Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati del 2001. documento approvato con l'Accordo Ministero della Salute, regioni e provincie autonome
- [10] A Portable Gas Sensor System for Air Quality Monitoring- Suriano D. AISEM 2013
- [11] Protocollo ITACA-PUGLIA, Nel 2009 la Regione Puglia documento che costituisce un importante punto di riferimento per lo sviluppo della sostenibilità in edilizia.
- [12] Puglia. Legge Regionale n.13 del 2008 ("Norme sull'abitare sostenibile"). Gazzetta regionale. 13/06/2008 n. 93.
- [13] Confronto delle prestazioni di un sistema portatile multisensore NASUS con la tecnica dell'olfattometria dinamica per la valutazione dell'impatto odorigeno da siti osmogeni
- [14] Rapporto ISTISAN 13/4

# Inquinamento dell'aria indoor nel sistema-metropolitana nelle città europee

*Silvia Brini*<sup>1</sup>, [silvia.brini@isprambiente.it](mailto:silvia.brini@isprambiente.it), *Silvia Canepari*<sup>2</sup>, *Giorgio Cattani*<sup>1</sup>, *Francesca De Maio*<sup>1</sup>, *Alessandro Di Menno Di Bucchianico*<sup>1</sup>, *Arianna Lepore*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

<sup>2</sup>Sapienza Università di Roma

## Riassunto

*La metropolitana trasporta nelle città europee un ingente numero di passeggeri esposti a concentrazioni in massa di PM spesso molto più elevate rispetto ai valori outdoor. Le concentrazioni in banchina sono più alte che nei treni ma il tempo di esposizione è al contrario maggiore nei treni che sulla banchina. Dall'analisi delle evidenze sperimentali presenti in letteratura sono stati identificati i principali determinanti spaziali e temporali della concentrazione del PM. La composizione chimica, che varia da campione a campione in funzione delle caratteristiche del sito di campionamento e del sistema metropolitana nel suo complesso, è sempre caratterizzata da livelli significativi di Fe, OC/TC, di elementi di origine crostale, di particelle metalliche. Porte scorrevoli automatiche sulla banchina, ventilazione forzata, sistemi frenanti di nuova generazione determinano riduzioni significative nell'esposizione degli utenti.*

## Summary

*The subway carries in European cities a large number of passengers exposed to the mass concentrations of PM often much higher than the outdoor values. The concentrations on platforms are higher than in the trains but the exposure time is increased to the contrary in the trains that on the platform. An analysis of the evidence in the literature has identified the main spatial and temporal determinants of PM concentration. The chemical composition, that varies from sample to sample depending on the characteristics of the sampling site and the metro system as a whole, it is always characterized by significant levels of Fe, OC/TC, elements of crustal origin, metal particles. Platform screen doors, forced ventilation systems, new braking systems determine significant reductions in exposure of users.*

## 1. Introduzione

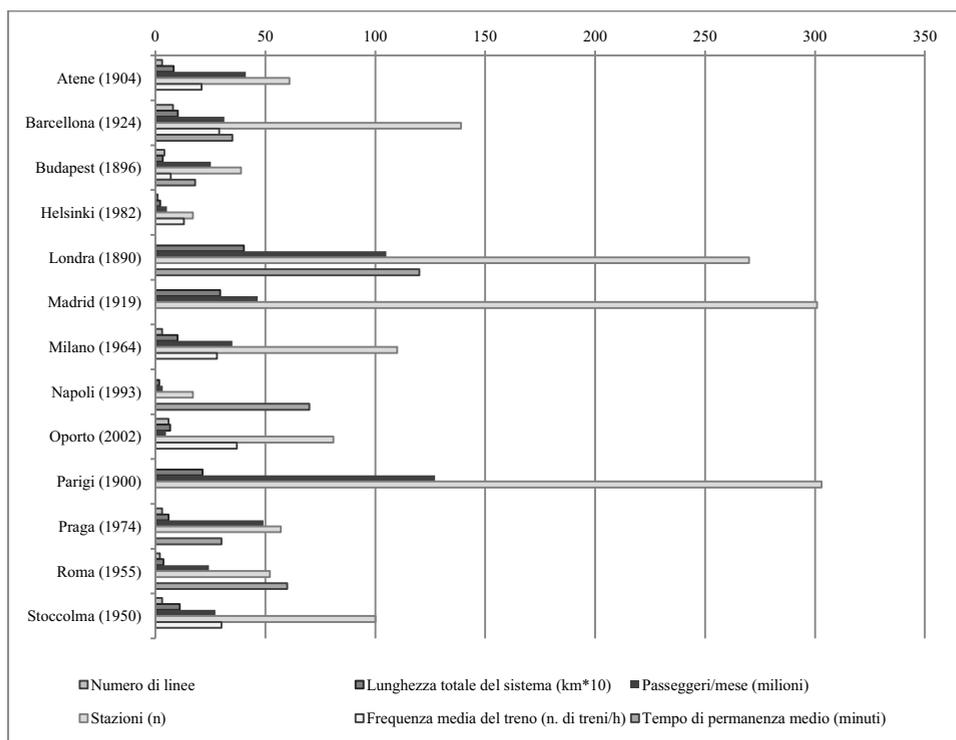
La qualità dell'aria all'interno del sistema della metropolitana, in particolare nelle zone sotterranee (piattaforme, treni, tunnel, biglietterie) è spesso peggiore rispetto alla qualità dell'aria esterna. Nelle città metropolitane di tutto il mondo il numero di pendolari che utilizza la metropolitana per spostarsi quotidianamente è elevato; ciò comporta che un numero ingente di persone sia esposto, per una percentuale di tempo variabile, agli inquinanti presenti nell'aria indoor della metropolitana.

L'interesse della comunità scientifica internazionale è di particolare rilevanza per quanto attiene alla acquisizione delle conoscenze per la valutazione dell'esposizione degli utenti e degli effetti avversi sulla salute e ciò è testimoniato dal rilevante numero di studi che sono stati pubblicati su questo argomento. Lo studio della qualità dell'aria nell'ambiente confinato del

sistema metropolitana ricade nell'ambito dell'inquinamento indoor così come definito nelle "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati" [Accordo Stato-Regioni, 2001]: "La qualità dell'aria "indoor" (IAQ) è riferita agli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali e, in particolare, a quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto ... il termine «ambiente «indoor»» comprende: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, ecc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, ecc.) ed infine i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, ecc.)". In particolare due rassegne di letteratura [1, 2] hanno descritto fonti, concentrazioni, composizione e dimensione, distribuzione, variabilità spaziale e temporale, esposizione e possibili effetti sulla salute del particolato aereodisperso. Dal 2009 a oggi sono stati pubblicati numerosi nuovi studi, che hanno fornito ulteriori informazioni sulla valutazione dell'esposizioni dei pendolari all'inquinamento atmosferico indoor nelle metropolitane europee. Lo scopo principale del presente studio è quello di evidenziare la conoscenza consolidata rilevando carenze e limiti degli studi e le priorità di ricerca da sviluppare.

## **2. Risultati**

Sono stati analizzati articoli peer-reviewed pubblicati su riviste internazionali in lingua inglese, reperiti consultando i database PubMed, Web of Science o Science Direct e attraverso i motori di ricerca di Google Scholar e ResearchGate social network. Sono stati analizzati più di 100 articoli pubblicati negli ultimi 16 anni (1999-2016) e sono state considerate in maniera dettagliata solo le campagne di misura, condotte negli ultimi dieci anni, che coinvolgevano metropolitane situate in città europee. I parametri che caratterizzano i sistemi metropolitana sono molto diversi tra loro e ciò rende complessa l'interpretazione dei risultati [3]. Nella figura 1 si riportano le principali caratteristiche dei sistemi metropolitana considerati.



**Fig. 1 – Caratteristiche dei principali sistemi metropolitana in Europa**

Le caratteristiche considerate mettono in evidenza come l'anno di attivazione della metropolitana sia molto variabile. L'anno di costruzione relativo alla linea e/o alla stazione in cui si effettua il campionamento influenza in maniera significativa il livello di PM così come la presenza di aria condizionata, di porte che separano la banchina dai tunnel, la frequenza di pulizia dei tunnel [1, 2] (tutte informazioni che però sono difficili da reperire negli studi di letteratura). La maggior parte delle campagne di monitoraggio è stata finalizzata alla misura delle concentrazioni di  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ , alla determinazione della loro composizione fisica ed elementare e ad indagare l'origine delle particelle per valutare i principali contributi delle diverse sorgenti. I risultati delle evidenze sperimentali mostrano come le concentrazioni di particolato all'interno dei treni della metropolitana, sia in quelli dotati di aria condizionata sia in quelli senza, è inferiore a quella presente nelle stazioni e in particolare sulla banchina [4, 5]. Nella figura 2 sono riportati i livelli medi di  $PM_{2,5}$  in alcune metropolitane europee.

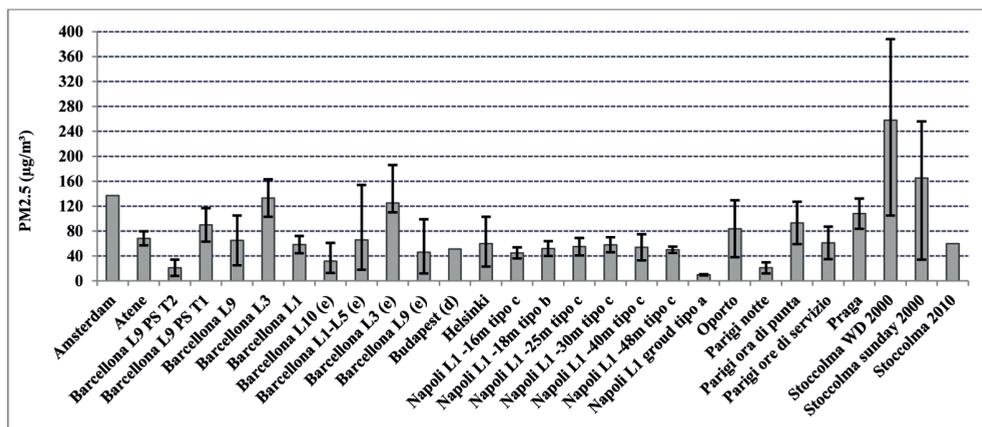


Fig. 2 – Livelli medi di PM<sub>2.5</sub> rilevati in banchina [3]

Nella figura 3 si può notare come i livelli medi di concentrazione di PM<sub>2.5</sub> rilevati all'interno dei convogli siano inferiori rispetto a quelli rilevati sulla banchina.

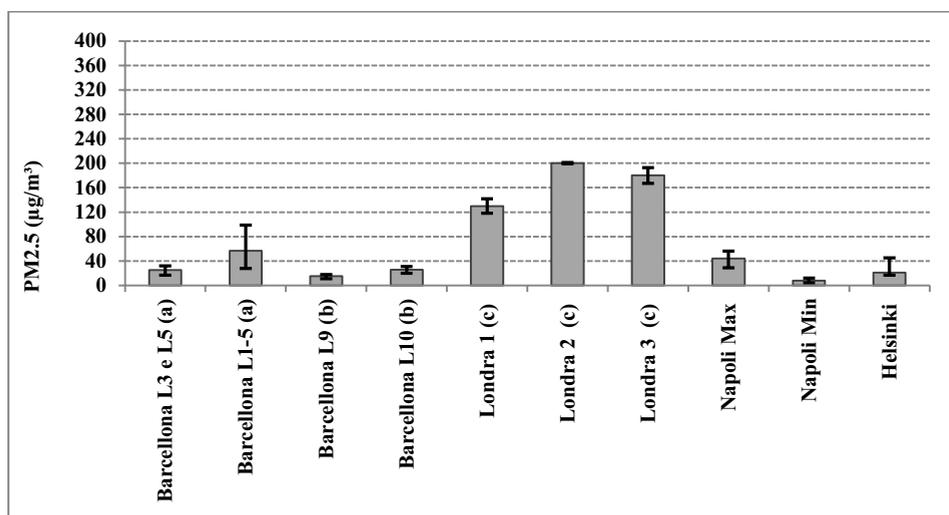


Fig. 3 – Livelli medi di PM<sub>2.5</sub> rilevati all'interno dei convogli [3]

I risultati degli studi suggeriscono che il tempo trascorso sulla piattaforma può essere un indicatore di esposizione personale migliore rispetto al tempo totale trascorso nel sottosuolo. Tuttavia non va trascurato il fatto che di solito l'utente trascorre più tempo all'interno del treno che sulla banchina. Inoltre, per i gruppi vulnerabili quali i bambini, gli anziani e le persone con pre-esistenti patologie, il rischio sanitario è più elevato e potrebbe essere aggravato dall'esposizione a inquinamento indoor nel sistema metropolitano, anche se il tempo di esposizione è breve. La maggior parte dei pendolari ha un'esposizione quotidiana agli inquinanti, questo fattore può causare effetti cumulativi sulla salute che possono manifestarsi nel tempo.

Tuttavia, la "dose" (concentrazione per tempo di esposizione) massima di PM<sub>2.5</sub> è stata osservata all'interno dei treni a causa del tempo di esposizione. Questo dimostra che il tempo di

esposizione è un fattore chiave nella valutazione della dose di particolato depositato, nonostante le concentrazioni all'interno dei treni siano inferiori a quelli delle banchine della stazione [6]. Per stimare il rischio per la salute, sembra quindi inappropriato o troppo semplicistico considerare solo la massa di particolato.

La composizione del  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  è stata ampiamente studiata. La notevole quantità di Fe presente nel particolato della metropolitana deriva prevalentemente dall'attrito meccanico e dall'usura di rotaie, ruote e freni [7, 8]. Nella figura 4 si riportano i principali componenti del  $PM_{2,5}$  in alcune metropolitane europee. Come si può notare il valore della concentrazione di ferro, nella stazione di Oporto dove è stato prelevato il campione di PM, è massimo. Il parere degli autori è che ciò è sicuramente correlato all'assenza di una ventilazione forzata; infatti nella metropolitana di Oporto il ricambio d'aria è garantito solo dalla ventilazione naturale [9].

| Elemento | Atene                | Barcellona | Helsinki | Londra | Oporto | Praga |
|----------|----------------------|------------|----------|--------|--------|-------|
|          | (µg/m <sup>3</sup> ) |            |          |        |        |       |
| Al       |                      |            | 0.27     | 15.79  |        | 0.45  |
| Ba       | 0.086                | 0.62       |          |        | 0.053  | 0.045 |
| Ca       | 1.2                  | 1.1        | 0.24     | 16.41  | 0.4    | 0.25  |
| Cl       |                      |            | 0.10     | 1.31   |        |       |
| Co       | 0.002                | 0.002      |          |        | 0.001  |       |
| Cr       | 0.13                 | 0.02       | 0.05     | 0.03   | 0.02   | 0.02  |
| Cu       | 0.059                | 0.12       | 0.15     | 0.52   | 0.40   | 0.04  |
| Fe       | 29.1                 | 15.0       | 24.65    | 87.09  | 32.9   | 13.55 |
| K        | 0.2                  | 0.33       | 0.19     | 1.67   | 0.6    | 0.38  |
| Mg       | 0.2                  | 0.35       |          |        | 0.2    | 0.1   |
| Mn       | 0.25                 | 0.15       | 0.32     | 1.67   | 0.29   | 0.14  |
| Na       |                      |            |          |        |        | 0.24  |
| Ni       | 0.02                 |            | 0.03     | 0.07   | 0.02   | 0.004 |
| P        | <0.1                 | 0.04       | 0.04     |        | <0.1   |       |
| Pb       | 0.006                | 0.008      | 0.01     | 0.30   | 0.01   | 0.029 |
| S        |                      | 0.7        | 0.70     | 5.86   |        |       |
| Sb       | 0.003                | 0.008      |          |        | 0.04   | 0.002 |
| Si       |                      |            | 0.45     | 63.12  |        |       |
| Sn       | 0.009                | 0.008      |          |        | 0.008  | 0.003 |
| Sr       | 0.004                | 0.01       |          |        | 0.002  | 0.004 |
| Ti       | <0.1                 | 0.06       | 0.03     | 0.19   | <0.1   | 0.02  |
| V        | 0.007                | 0.005      | 0.006    | 0.03   | 0.003  | 0.001 |
| Zn       | 0.15                 | 0.16       | 0.08     | 0.28   | 0.09   | 0.09  |

**Fig. 4** – Caratterizzazione del  $PM_{2,5}$  nei sistemi metropolitani europei

La composizione chimica, che varia da campione a campione in funzione delle caratteristiche del sito di campionamento e del sistema metropolitana nel suo complesso, è sempre caratterizzata da livelli significativi di Fe, OC/TC, di elementi di origine crostale, di particelle metalliche.

### 3. Conclusioni

I risultati degli studi considerati sono talvolta di difficile interpretazione. Spesso non forniscono informazioni relative alla caratterizzazione dei punti di campionamento (posizione, profondità, numero medio dei convogli, tipo di ventilazione, sistema frenante, ecc). Nonostante sia noto che il tempo trascorso sulle piattaforme sia un fattore predittivo di esposizione personale, gli studi spesso non riportano il tempo medio di permanenza nel sistema di metropolitana o sulle piattaforme da parte degli utenti.

Tuttavia, tutti gli studi concordano sul fatto che le concentrazioni indoor di PM siano spesso superiori a quelle outdoor, e che superino frequentemente i limiti stabiliti dalla normativa europea per il PM<sub>10</sub> outdoor (50 mg/m<sup>3</sup> è la media giornaliera che non deve essere superata più di 35 volte in un anno). Anche se il valore limite stabilito per le concentrazioni di particolato outdoor per la protezione della salute pubblica non si applica alle situazioni indoor e nelle gallerie, esso può servire come valore guida di raffronto.

Porte scorrevoli automatiche sulla banchina, ventilazione forzata, sistemi frenanti di nuova generazione determinano riduzioni significative nell'esposizione degli utenti.

Il tempo trascorso dai pendolari nel sistema di metropolitana può contribuire in maniera sostanziale all'esposizione giornaliera totale al PM<sub>2,5</sub> e può essere correlato a effetti avversi sulla salute [6].

Sono però necessarie ulteriori ricerche per comprendere tale relazione, dal momento che sino ad ora solo pochi studi tossicologici sono stati condotti e non sono stati pubblicati studi epidemiologici su questo argomento.

### Bibliografia

- [1] Nieuwenhuijsen M.J., Gómez-Perales J.E., Colville R.N., *Levels of particulate air pollution, its elemental composition, determinants and health effects in metro systems* Atmospheric Environment 41 (2007) 7995–8006;
- [2] Salma I., *Air pollution in underground railway systems* Issues in Environmental Science and Technology, 28, Air Quality in Urban Environment, 2009, 65-84;
- [3] Brini S., Canepari S., Cattani G., De Maio F., Di Menno Di Bucchianico A., Lepore A., *A critical analysis of the literature on the characterization of air in the subway* poster presentato a ISEE2016, Roma 1-4 Settembre 2016;
- [4] Chillrud S.N., Epstein D., Ross J.M., Sax S.N., Pederson D., Spengler J.D., Kinney P.L., *Elevated Airborne Exposures of Teenagers to Manganese, Chromium, and Iron from Steel Dust in New York City's Subway System* Environ Sci Technol. 2004 February 1; 38(3): 732–737;
- [5] Aarnio P., Yli-Tuomia T., Kousa A. et al *The concentrations and composition of and exposure to fine particles (PM<sub>2.5</sub>) in the Helsinki subway system* Atmospheric Environment 39 (2005) 5059–5066;
- [6] Martins V., Moreno T., Minguillón M.C., Amato F., de Miguel E., Capdevila M., Querol X., (2015) *Exposure to airborne particulate matter in the subway system.* Sci Total Environ 1;511:711-22;
- [7] Johansson C., Johansson P.A., 2003 *Particulate matter in the underground of Stockholm* Atmospheric Environment 37 (1), 3;
- [8] Jung H.J., Kim B.W., Ryu J.Y., Maskey S., Kim J.C., Sohn J., Ro C.U., *Source identification of particulate matter collected at underground subway stations in Seoul, Korea using quantitative single-particle analysis* Atmospheric Environment 44 (2010) 2287e2293;
- [9] Martins V., Moreno T., Mendes L., Eleftheriadis K., Diapouli E., Alves C.A., Duarte M., de Miguel E., Capdevila M., Querol X., Minguillón M.C., *Factors controlling air quality in different European subway systems* Environmental Research 146 (2016) 35-46.

# Sperimentazione di procedure per la verifica del microclima in edifici pubblici

Luigi Schibuola <sup>1</sup>, Michele Masè <sup>2</sup>, [Alice De Bortoli](mailto:alice.debortoli@studiosma.it) <sup>2</sup> [alice.debortoli@studiosma.it](mailto:alice.debortoli@studiosma.it)

<sup>1</sup>Università IUAV di Venezia

<sup>2</sup> Studio SMA - Quarto d'Altino (VE)

## Riassunto

*Il progetto “Treviso Smart City”, promosso per il Comune di Treviso, da importanti realtà scientifiche tra cui l’Università IUAV di Venezia e dal suo partner Studio SMA, ha come scopo quello di definire delle Linee Guida per migliorare il benessere dei cittadini all’interno degli edifici pubblici, riqualificando gli edifici esistenti e quelli di nuova realizzazione. Sono stati utilizzati per l’indagine microclimatica edifici con differenti destinazioni d’uso: la scuola Stefanini, la biblioteca EX GIL e la Prefettura. La metodologia ha previsto l’analisi del comfort ambientale e microclimatico, misurando simultaneamente con un passo di 10 minuti, con opportune sonde e data logger collocati in posizione strategica, i seguenti parametri: temperatura, velocità dell’aria, umidità, concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). I risultati finali sono stati valutati con i valori di riferimento delle normative ASHRAE e DIN, dimostrando che le misure microclimatiche ideali dipendono sensibilmente dalla destinazione d’uso dell’edificio. Per esempio, uno dei risultati di maggior importanza è l’esistenza di una correlazione tra la capacità di concentrazione dei bambini e la ventilazione dell’aula.*

## Summary

*“Treviso Smart City” project, sponsored by Treviso municipality, University IUAV of Venice and its partner Studio SMA, aim to define the guidelines for improving welfare of citizens in public buildings, redeveloping existing buildings and new ones. For this microclimate study, buildings with different use have been used: the Stefanini school, the EX GIL library and the Treviso’s prefecture. Environmental and microclimatic investigations were carried out by using suitable probes and data logger to measure, simultaneously the following parameters every 10 minutes: temperature, air speed, humidity, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentration. Finally, the results were compared with ASHRAE and DIN standard values, showing that the ideal microclimate conditions depend foremost on use classification of buildings. For example, one of the most important result is the correlation between the children’s ability to be focused and classroom ventilation.*

## 1. Introduzione

Il termine inquinamento *indoor* indica qualsiasi alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche dell’aria, determinata sia da variazioni di concentrazione dei suoi normali costituenti, sia, e soprattutto, dalla presenza di sostanze estranee alla sua composizione normale, in grado di determinare effetti di danno e/o molestia all’uomo ed agli organismi viventi [1]. Studiare il microclima e la qualità dell’aria *indoor* risulta efficace ai fini della prevenzione, in quanto ogni ambiente interno è soggetto a potenziali problemi di inquinamento. L’attenzione della comunità scientifica verso questa tipologia di indagini si è affermata negli ultimi decenni, in

quanto: (1) è aumentata la permanenza delle persone in ambienti confinati, (2) si constatava che anche in contesti non industriali, i lavoratori manifestavano sintomatologie come asma, allergie, nausea connesse a condizioni non confortevoli vissute sul luogo di lavoro e in particolare dovute alla scadente qualità dell'aria.

A livello internazionale questa attenzione è stata accompagnata da una normativa sui "rischi professionali" sempre più stringente nel settore commerciale/industriale e da una conoscenza più ampia sull'identificazione e sul controllo delle sorgenti di inquinamento.

Preso atto che l'inquinamento di ambienti chiusi, quali scuole, edifici pubblici, è tutt'altro che trascurabile ed i rischi per gli occupanti sono dello stesso ordine di grandezza di quelli industriali, sono cresciuti l'attenzione e il numero di indagini sull'inquinamento *indoor*.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) ha attribuito a questa tipologia di malesseri, dovuti a difetti strutturali e di gestione del sistema edificio - impianto, il nome di "Sindrome da Edificio Malato" [2]. In questo scenario risulta importante riuscire ad individuare le cause scatenanti di questi malesseri, determinare le migliori soluzioni tecnologiche per il risanamento degli "edifici malati", mettendo a punto linee guida e normative efficaci dato che per la complessità del problema non sono applicabili soluzioni semplicistiche. La definizione di accettabilità per l'aria, contenuta nello standard ASHRAE 62 - 1989 [3], consiste nel rispetto dei limiti di concentrazione di contaminanti pericolosi e nella percezione da parte della grande maggioranza delle persone esposte, almeno 80% del campione, di condizioni ambientali qualitativamente soddisfacenti. La definizione sorpassa quindi la mera valutazione analitica considerando come criteri sia la salubrità che il gradimento percepito da parte degli occupanti [4]. In un importante studio di Fanger [5] si dimostra inoltre che la qualità percepita dell'aria di un determinato ambiente è giudicata principalmente in base alla prima impressione percepita. Diversi studi in passato hanno identificato nella concentrazione di CO<sub>2</sub> il principale indicatore per la descrizione qualitativa dell'aria. Ulteriori ricerche nel settore hanno dimostrato che la concentrazione di CO<sub>2</sub> è fondamentale, inoltre, per gli effetti negativi che questo gas ha, se presente in grandi quantità, sull'organismo umano. Il limite di concentrazione pari a 5000 ppm è indicato dalla scienza medica come pericoloso per la respirazione umana [6]. Parallelamente altri studi evidenziarono l'importanza della ventilazione per garantire condizioni accettabili negli ambienti [4]. La qualità dell'aria di un ambiente può essere quindi controllata intervenendo sia sulle sorgenti contaminanti che sulla ventilazione, la quale permette di diluire e rimuovere i contaminanti prodotti dall'uomo stesso, dalle sue attività e da tutto ciò che lo circonda nell'ambiente interno. Il presente studio si è concentrato sull'analisi del livello di ventilazione presente negli edifici di proprietà del Comune di Treviso allo stato attuale dell'arte, al fine di valutare la loro adeguatezza rispetto a quanto previsto dalle norme e dalle esigenze igieniche stabilite dalla scienza medica ASHRAE 62 - 1989 [3]. L'obiettivo finale è stato definire il grado di ventilazione ottimale e formulare una serie di regole tecniche da seguire sia nella realizzazione di nuovi edifici, che nella ristrutturazione degli esistenti al fine di raggiungere la situazione ottimale. Un'appropriata ventilazione, meccanica o naturale, consente, miscelando l'aria interna di un ambiente e realizzandone un'indispensabile ridistribuzione, di rimuovere e diluire i contaminanti ivi generati, ottenendo la qualità desiderata.

Le misurazioni in campo svolte a Treviso hanno riguardato il monitoraggio dell'ambiente interno in tre edifici con destinazioni d'uso differenti, ma rappresentativi del patrimonio edilizio ad uso pubblico: la biblioteca EX GIL, la scuola media Stefanini e la prefettura.

## 2. Relazione

### 2.1 Parametri di misura

La verifica del microclima negli edifici presi in esame per la presente indagine ha adottato come parametri di riferimento: la portata (Q) di aria di rinnovo introdotta nell'ambiente

(m<sup>3</sup>/h o l/s), il numero di ricambi o tasso di ricambio d'aria (n) e la concentrazione di CO<sub>2</sub> (ppm). Per la CO<sub>2</sub> sono stati presi come valori di riferimento per una rapida valutazione dell'adeguatezza della ventilazione: 1000 ppm di CO<sub>2</sub> per una condizione di comfort ottimale [3] ed una concentrazione tra 1000-1500 ppm di CO<sub>2</sub> accettabile per ambienti affollati, quali le aule scolastiche [7]. Nel caso di presenza di ventilazione forzata che comporti trattamenti dell'aria immessa e che realizzi una concentrazione costantemente inferiore a 800 ppm di CO<sub>2</sub> in ambienti confinati, la portata di ventilazione viene considerata eccessiva in termini di risparmio energetico [3].

In Italia non sono attualmente presenti documenti ufficiali che facciano riferimento ad una concentrazione limite di CO<sub>2</sub> ammessa nei locali interni. Per questa ragione si utilizzano come riferimenti quelli presenti nelle norme UNI EN 15521:08 [8] che fornisce i criteri di progettazione degli ambienti interni in base ai diversi requisiti di qualità *indoor*, e la UNI 10339:95 [9] che costituisce il principale riferimento per il dimensionamento degli impianti di ventilazione meccanica.

## 2.2 *Materiali e metodi*

Le misure svolte presso la biblioteca EX GIL e la scuola media Stefanini sono state realizzate utilizzando uno strumento multifunzione modello 435-4 della ditta Testo s.r.l., con sonda IAQ, che permette di misurare i parametri ambientali che caratterizzano la climatizzazione e alcuni parametri microclimatici *indoor*. La sonda IAQ misura la CO<sub>2</sub>, l'umidità relativa, la temperatura e la pressione assoluta.

Sulla base di esperienze di monitoraggio svolte in precedenza, è stato scelto un intervallo di registrazione pari a 10 minuti per la registrazione dei dati misurati.

Le misure svolte presso la prefettura sono state realizzate collegando le sonde necessarie per le misure ad un registratore (data logger) analogico-digitale modello ELO 0090. Le sonde usate in campo sono state una sonda termoigrometrica capacitiva modello ESU 403.1 e una sonda di misura della concentrazione di CO<sub>2</sub> modello ESO 203#C.

La strumentazione utilizzata per le misurazioni è stata collocata in posizione strategica per il rilievo del dato misurato all'interno dei locali, considerando la pregressa esperienza che ha evidenziato una naturale ridistribuzione uniforme della concentrazione negli ambienti chiusi. La strumentazione ha permesso anche di acquisire i contemporanei valori di temperatura e umidità relativa.

*Biblioteca EX GIL*: la campagna di misure ha interessato la sala di lettura principale. L'edificio è stato recentemente soggetto ad una ristrutturazione che ha interessato anche il rifacimento completo degli impianti. L'impianto di distribuzione interno della sala presenta canalizzazioni di mandata a vista disposte a soffitto del primo piano, con anemostati di immissione dell'aria uniformemente collocati. La campagna di misure è durata dal 2 al 20 ottobre 2015.

*Scuola media Stefanini*: le misure sono state fatte in due aule: nella 3C dal 23 ottobre al 5 novembre 2015 e nella 2F dal 5 novembre al 19 novembre 2015. Le aule hanno una capienza, oltre la cattedra, rispettivamente di 25 posti a sedere per la prima e 27 posti per la seconda.

*Uffici della prefettura*: le indagini hanno riguardato due uffici posti al secondo piano, indicati nel presente studio come ufficio A ed ufficio B. Le misure nel primo ufficio sono state svolte dal 23 ottobre al 30 ottobre 2015 e successivamente dal 13 novembre al 23 novembre, mentre per il secondo ufficio, il monitoraggio è stato realizzato dal 30 ottobre al 13 novembre.

## 2.3 *Risultati*

Le prove svolte in campo hanno confermato la spontanea ridistribuzione uniforme della concentrazione di CO<sub>2</sub> all'interno di ciascun ambiente monitorato, anche in assenza di significa-

tivi movimenti d'aria, legati ad esempio alla presenza di un impianto di ventilazione meccanica. Non sono state riscontrate presenze di maggiori concentrazioni locali o discontinuità. Le verifiche preventive nei locali hanno dimostrato che un'unica misura, in posizione centrale e lontano dai serramenti esterni o porte interne, è effettivamente rappresentativa di un valore medio del parametro misurato, per l'intero vano considerato.

Analizzando e correlando i dati ottenuti è stato possibile verificare la qualità dell'aria. Le misurazioni di temperatura, in particolare, hanno permesso di verificare e quantificare come i momenti di apertura di porte e finestre (nel caso di ventilazione naturale) provocano, immediatamente, una riduzione dei valori di concentrazione di CO<sub>2</sub> misurata.

Le misure microclimatiche, svolte nei tre edifici, hanno fornito indicazioni diverse legate alle differenti destinazioni d'uso. In ogni attività di monitoraggio si è rilevato un comportamento abbastanza uniforme, permettendo di considerare la qualità dell'aria sostanzialmente uguale per l'intero periodo di tempo esaminato. È possibile definire la qualità dell'aria ed il livello di ventilazione dei tre casi studio esaminati. Per quanto riguarda il monitoraggio della biblioteca EX GIL, durante le ore di attività, la concentrazione di CO<sub>2</sub> misurata non ha superato le 750 ppm, nei periodi di maggior affollamento, attestandosi in generale su valori medi di circa 600 ppm. È stata riscontrata una condizione di qualità dell'aria ottimale, con riferimento alle norme internazionali e ASHRAE, che indicano come 1000 ppm l'obiettivo da conseguire per gli ambienti chiusi ed affollati. Anche la temperatura interna e l'umidità relativa rientrano nei limiti della normalità e della condizione di benessere.

Le misure svolte nelle aule della scuola media Stefanini, invece, hanno mostrato insufficienza di ventilazione per un'adeguata qualità dell'aria. Le indagini sono state svolte in autunno, facendo supporre che questa criticità si risentirà maggiormente nei periodi invernali. La forte variabilità dei risultati, inoltre, ha suggerito un'analisi più approfondita per questo edificio. Si è rilevata una temperatura interna spesso superiore a quella esterna, legata al forte affollamento. Nell'aula 3C sono state riportate concentrazioni superiori a 1500 ppm di CO<sub>2</sub> già dal primo mattino, valore che rappresenta il limite di accettabilità in termini di comfort legato alla diluizione degli odori corporali, in base alle norme DIN [7]. Risulta frequente anche il superamento di 2000 ppm, che causa una sensazione di malessere fisico ed un calo della concentrazione mentale. Per l'aula 2F si sono addirittura superate le 5000 ppm, limite massimo di salubrità per i posti di lavoro.

In questo caso è risultato significativo per un miglioramento della qualità dell'aria, l'apporto dovuto all'apertura delle finestre per brevi periodi, in particolare nei 15 minuti dell'intervallo. Per gli uffici della prefettura, infine, è stata registrata una misura di concentrazione di CO<sub>2</sub> più che soddisfacente durante le ore di attività, sempre inferiore alle 1000 ppm e con valore medio di circa 700 ppm. Sono stati registrati solo 3 picchi superiori alle 1000 ppm per l'ufficio B, anche se per periodi di tempo sempre inferiori ad un'ora. Per la temperatura e l'umidità relativa, si sono registrati valori assolutamente accettabili. La ventilazione naturale, in questo caso, è risultata sufficiente per mantenere le esigenze di comfort interno.

### 3. Conclusioni

Il sistema di monitoraggio dei parametri microclimatici e della CO<sub>2</sub> ha permesso di mettere in evidenza che il controllo delle emissioni è realizzabile intervenendo sui fattori che determinano i tassi di emissione, identificando e controllando le fonti inquinanti, eliminando, ove possibile, tutti i materiali e le sostanze la cui tossicità e pericolosità è accertata ed adottando tutti gli accorgimenti che migliorino le condizioni ambientali interne. Nello specifico il controllo della ventilazione, che rappresenta il meccanismo più efficace per diluire le concentrazioni di inquinanti a livelli accettabili, consente di ottenere gli stessi risultati per mezzo di opportuni ed adeguati ricambi d'aria.

La prima soluzione attuabile è quella di educare le persone alla pratica virtuosa di una “ventilazione consapevole”, responsabilizzandole a tenere sotto controllo la qualità dell’aria. Il monitoraggio della scuola media Stefanini ha mostrato l’insufficienza della ventilazione nelle aule. Per compensare tale criticità si potrebbero considerare sistemi autonomi di ricambio dell’aria da installare nelle singole aule. Esistono, inoltre, dei rilevatori, da installare sulla parete, in grado di quantificare la concentrazione di CO<sub>2</sub>, che possono essere utilizzati per effettuare un buon monitoraggio della qualità dell’aria, per poter utilizzare al meglio la ventilazione naturale.

Per una gestione *smart*, orientata al risparmio energetico, ASHRAE invita a considerare la possibilità di ridurre la portata d’aria negli impianti di ventilazione meccanica, quando la concentrazione di CO<sub>2</sub> scende al di sotto di 800 ppm, soluzione che potrebbe essere attuata nella biblioteca EX GIL, dove i valori di CO<sub>2</sub> registrati si attestano intorno a 600 ppm. Installando una regolazione basata sulla misura della concentrazione di CO<sub>2</sub> nella macchina di trattamento dell’aria primaria, per adeguare l’impianto alle esigenze dettate da un affollamento variabile dell’edificio, si otterrebbe una gestione ottimale dello stesso realizzando una portata dei ventilatori resa coerente con l’effettiva domanda grazie all’uso di inverter che modificano la velocità di rotazione dei rispettivi motori elettrici di azionamento. Rispetto alla sola ventilazione naturale (con l’utilizzo di finestre), la ventilazione meccanica, gestita correttamente, permette in questo modo un risparmio energetico rilevante specie in edifici come questi dotati di forte variabilità delle presenze.

Il costo di gestione ed il consumo energetico per il trattamento di aria esterna possono essere fortemente contenuti grazie ai sistemi di recupero del calore dell’aria espulsa per il pretrattamento dell’aria di rinnovo immessa. I recuperatori di calore hanno un’efficienza di recupero che sfiora il 90%, mentre usando un riscaldamento termodinamico (pompe di calore) è possibile un recupero totale. Il consumo dei ventilatori può essere attenuato dall’uso dei sistemi inverter, citati precedentemente.

Tutte queste possibili azioni rientrano pienamente nel progetto di realizzazione di una *smart city*.

## Bibliografia

- [1] **Schibuola L., Tambani C., Scarpa M.**, 2015, Sperimentazione di procedure per la verifica del microclima in edifici pubblici, Università IUAV di Venezia – Dipartimento di Culture del Progetto
- [2] **WHO**, 1987 Air quality Guidelines for Europe, Copenhagen, Denmark, World Health Organization Regional Office for Europe
- [3] **ASHRAE 62-1989**, Ventilation for acceptable indoor air quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, USA, 1989
- [4] **EEC**, 1988, Radon in Indoor air, European Concerted Action: Indoor Air Quality and its impact on man (COST Project 613), Report n. 1, Commission of the European Communities, Luxembourg;
- [5] **Fanger P.O., Lauridsen J. Bluysen P. and Clausen G.**, 1988, Air pollutions sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit, Energy and Buildings, n.12 pp. 1-6
- [6] **International Energy Agency**, 1987, Minimum Ventilation Rates, Final Report of Working Phases I and II, Annex 9, Uhltingen. Germany
- [7] **DIN 1946**,1992, Ventilation and Air-conditioning: Technical health requirements (in tedesco), Berlin, Germany: Deutsches Institut für Normung
- [8] **UNI EN 15521:2008** “*Criteri per la progettazione dell’ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell’aria interna, all’ambiente termico, all’illuminazione e all’acustica*”
- [9] **UNI 10339:95** “*Impianti aeraulici a fini di benessere – Generalità, classificazione, requisiti*”

# SITE REMEDIATION AND REQUALIFICATION

## SOSTENIBILITÀ E RICONVERSIONE: LE BONIFICHE NEL QUADRO DELLA “CIRCULAR ECONOMY”

La sessione offre un punto di incontro per tutti i soggetti interessati alla bonifica e riqualificazione dei siti contaminati, dalle istituzioni (Ministeri, Regioni, Istituzioni e Agenzie Scientifiche Nazionali e Regionali) alle imprese, ivi inclusi i soggetti interessati e le imprese che offrono loro servizi e tecnologie. Dalla prima normativa di circa 15 anni fa, molto è stato fatto e molte aree contaminate sono state risanate e restituite all'uso. Tuttavia, le bonifiche sono risultate spesso lente e costose, nonché svincolate da un piano di rilancio economico delle aree. Negli anni è cresciuta la richiesta di una gestione sostenibile delle “bonifiche”, dove le esigenze di risanamento ambientale e di sicurezza igienico-sanitaria siano coniugate a costi accettabili e al recupero economico delle aree bonificate. Ciò richiede una convergenza tra tutti gli elementi che possono concorrere a definire la strategia di bonifica (normativi, procedurali, tecnologici e economici). In questo senso, la bonifica dei siti contaminati diventa un tassello importante di uno sviluppo basato sui principi della *Circular Economy*, consentendo di recuperare servizi dagli ecosistemi. La sessione intende appunto approfondire il tema della sostenibilità delle bonifiche di siti contaminati in coniugazione con la loro riqualificazione economica.

A cura di: **Up, Federchimica, Eni, Aidic (Ingegneri Chimici)**

**Presidenti di sessione:**

- Loredana Musmeci, *ISS*
- Donatella Giacometti, *Unione Petrolifera*
- Mauro Majone, *Sapienza, Università di Roma*
- Raffaele Avella, *AIDIC*



# Il Sito di Interesse Nazionale (SIN) Stoppani: gli interventi di MISE già realizzati ed i lavori necessari per il rientro in via ordinaria

*Cecilia Brescianini brescianini.cecilia@libero.it, Marco Canepa, Vittorio Asplanato,  
Alessandro Comola, Marina Posti  
Ufficio del Commissario Delegato O.P.C.M. n. 3554/06, Arenzano (Genova)*

## **Riassunto**

*Il Sito di Interesse Nazionale (SIN) Stoppani è situato nel territorio della Regione Liguria (Cogoletto) ed è caratterizzato da inquinamento da Cromo esavalente. Il Grave rischio ambientale e sanitario hanno indotto il Governo a dichiarare lo stato di emergenza nell'anno 2006.*

*Attese le inadempienze da parte della Società privata proprietaria – non a caso sottoposta a procedura fallimentare – il Commissario Delegato si è sostituito in danno al privato procedendo agli interventi indifferibili ed urgenti per garantire la messa in sicurezza del sito.*

*Dopo nove anni di attività la presente relazione riporta sinteticamente gli ingenti lavori eseguiti nel sito e che hanno consentito di garantire la Messa In Sicurezza di Emergenza dello stesso ed i lavori ancora necessari per il completamento. I lavori hanno altresì ricompreso interventi di bonifica in area pubblica.*

*Viene altresì richiamato brevemente il riconoscimento del danno ambientale da parte della Suprema Corte di Cassazione e, successivamente, dal Tribunale fallimentare di Milano.*

## **Summary**

*The Site of National Interest (SIN) identified by the Italian Ministry of Environment in the area of the former Stoppani chromium plant (Cogoletto, Liguria Region) is characterized by a high level of pollution by hexavalent chromium. The environmental impact and the potential risk for human health, associated to the high soil and groundwater contamination by hexavalent chromium, induced the Italian Government to declare the state of emergency for this site in 2006.*

*Expected defaults by the private company owner - not surprisingly to bankruptcy - the Chief Commissioner was replaced in damage to private proceeding to be postponed and urgent action to ensure the safety of site.*

*After nine years this report includes a summary of the significant work carried out on the site and making it possible to ensure the Mass In Emergency Security of the same and the work still needed to complete. The work also ricompreso remediation in public area.*

*It is also briefly addressed the recognition of environmental damage by the Supreme Court and subsequently by the Bankruptcy Court of Milan.*

## 1. Introduzione

Il Sito di Interesse Nazionale (SIN) Ex Stoppani costituisce uno dei problemi ambientali complessi del territorio nazionale. Il Sito è stato inserito nel “programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale” con il DM n. 468 del 18/09/2001 e perimetrato – successivamente – con D.M. 8 maggio 2002.

Attese le inadempienze da parte della Società e stante la elevata criticità ambientale e sanitaria con Decreto in data 23.11.2006 è stato dichiarato lo Stato di Emergenza e, con o.P.C.M. 3554/06 e ss.mm.ii., è stato nominato un Commissario Delegato con poteri Straordinari per garantire il superamento dell'emergenza. La suddetta o.P.C.M. continua ad avere efficacia in deroga alle disposizioni normative di cui alla legge 100/2012 in pregio alle disposizioni della legge 21/2016 fino al 31 dicembre 2016.

Il presente documento ha lo scopo di illustrare in maniera sintetica, gli ingenti interventi realizzati dal Commissario Delegato dal 2007 al 2016.

Nello specifico si tratta delle attività:

o all'interno dell'ex Stabilimento e finalizzate:

- ❖ alla bonifica da amianto, decontaminazione e decostruzione delle strutture esistenti;
- ❖ alla realizzazione del nuovo impianto di depurazione denominato ECO1;
- ❖ alla messa in sicurezza del muro di contenimento dell'argine su sponda orografica sinistra del Torrente Lerone;
- ❖ ad interventi complementari indifferibili a garantire la MISE del SIN.

o nelle aree pubbliche con interventi di bonifica con misure di messa in sicurezza eseguite sugli arenili dei comuni di Arenzano e Cogoleto.

Preliminarmente all'avvio della trattazione si precisa che all'atto della sostituzione in danno il sito si trovava in stato di elevato degrado, con tenori medi di Cromo esavalente nella falda pari a oltre 100.000 ug/m<sup>3</sup>, impianti utilizzati per il trattamento delle acque di falda per i quali l'Istituto Italiano della Saldature, in esito a verifiche non distruttive, ha così definito: “atteso lo stato di degrado, consiglia la dismissione degli impianti in quanto non si intravedono soluzioni manutentive localizzate ritenute efficienti” ed una complessiva situazione di fatiscenza degli impianti dismessi (Fig. 1 e Fig. 2) con obiettivo rischio di crollo delle strutture.



Fig. 1 – Stato dell'ex stabilimento alla sostituzione



Fig. 2 – Stato dell'ex stabilimento alla sostituzione

Oltre a ciò all'interno dell'ex Stabilimento erano presenti ingenti quantitativi di rifiuti pericolosi soggetti a dilavamento e posti sotto sequestro dalla Magistratura.

Stanti i presupposti la Struttura Commissariale ha provveduto da subito ad attivare interventi puntuali finalizzati a garantire la tutela dei lavoratori e l'operatività di uno degli impianti di trattamento acque di falda esistente. Sono stati inoltre adottati tutti gli atti necessari a garantire la prosecuzione dell'emungimento: rinnovo contratti Energia elettrica, rinnovo concessioni e autorizzazioni etc...

Contestualmente è stata avviata l'attività preliminare di progettazione di "linee guida" finalizzate a consentire l'attivazione delle gare.

Nello specifico le Linee Guida hanno individuato i seguenti ambiti sui cui fornire elementi di indirizzo:

- o Approccio metodologico della bonifica rispetto a coibentazioni in amianto in matrice friabile, coperture in cemento amianto, accoppiamenti flangiati, coibentazioni contenenti altre fibre minerali;

- o Indicazioni circa la redazione dei piani operativi di bonifica, inclusi i piani delle demolizioni, i piani operativi della sicurezza ed i piani di bonifica legati a coibentazioni contenenti altre fibre minerali o artificiali vetrose;

- o Indicazione sui principi generali di organizzazioni di cantiere;

- o Indicazioni di natura generale sulle tecniche di bonifica da adottare, soprattutto nelle situazioni di amianto contaminato da Cr<sup>VI</sup>

- o Misure di tutela del personale impegnato nelle aree di cantiere a maggiore contaminazione, indicazioni sulle tipologie di DPI da utilizzare e sulla sorveglianza sanitaria;

- o Definizione di un piano di monitoraggio e campionamenti strutturato in modo da garantire il controllo sia delle esposizioni personali che delle emissioni nell'ambiente esterno di agenti altamente inquinanti;

- o Principi generali per la gestione dei rifiuti contaminati da amianto e Cr<sup>VI</sup>.

Le Linee Guida, unitamente al Piano di Sicurezza e Coordinamento, suddiviso in una parte generale propedeutica a tutti gli interventi di *decommissioning* dello Stabilimento e tante parti specifiche ognuna relativa ad una specifica attività, sono divenuti documenti contrattuali, nonché elemento di base per la progettazione esecutiva degli Appaltatori.

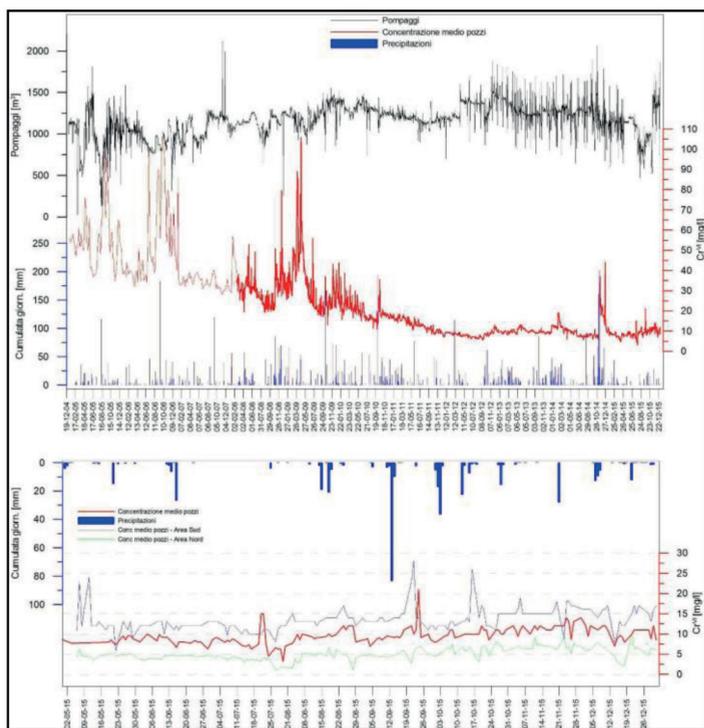
## 2. Relazione

Attesi i presupposti indicati nella introduzione la Struttura Commissariale, pur potendo fruire delle deroghe alla stessa concesse dalla o.P.C.M. 3554/06 e ss.mm.ii., ha regolarmente provveduto mediante la pubblicazione di bandi, nel pieno rispetto dell'allora vigente Codice degli appalti, impostati con la formula dell'offerta economicamente più vantaggiosa prevista dallo stesso, al fine di valorizzare capacità tecniche ed organizzatrici delle Imprese, partendo però da indicazioni cogenti che avrebbero comunque garantito lo svolgimento dell'attività nei binari prestabiliti.

La presente relazione riassume gli interventi realizzati dopo 9 anni di intervento del Pubblico a dimostrazione che quest'ultimo, sostituendosi in danno al privato, può addivenire a risultati significativi e, soprattutto, ad interventi precipuamente finalizzati alla salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente.

### 2.1 Le attività di messa in sicurezza d'emergenza dell'area stabilimento

Le azioni compiute dal Commissario Delegato, e meglio determinate nei successivi paragrafi, durante i nove anni di attività in sostituzione in danno al Soggetto Inadempiente hanno permesso una significativa riduzione delle criticità collegate alle alte concentrazioni



**Fig. 3 – GRAFICO IN ALTO** - Andamento nel tempo delle concentrazioni del medio 12 pozzi (linea rossa), degli emungimenti (linea nera) e delle pluviometrie giornaliere (barre blu) – Periodo gennaio 2005/ dicembre 2015. **GRAFICO IN BASSO** - Andamento nel tempo delle concentrazioni della miscela pozzi nord (linea grigia), della miscela pozzi sud (linea verde) e della miscela di tutti i 12 pozzi (linea rossa), periodo 2015.

## 2.2 La bonifica amianto

L'intervento relativo alla bonifica di amianto nello Stabilimento è consistito nelle seguenti attività:

*Decontaminazione propedeutica alla bonifica da amianto:*

*Bonifica da amianto in matrice friabile:*

*Rimozione coperture in cemento amianto:*

*Bonifica coibentazioni in lana di roccia:*

*Bonifica flange contenenti amianto (per le sole aree oggetto di interventi di boni*

Dal punto di vista operativo la logica dell'intervento ha privilegiato la matrice legata alla contaminazione da Cr<sup>VI</sup> rispetto a quella dell'amianto.

Le attività si sono concluse nel maggio 2009, ed hanno ottenuto i certificati di restituzione da parte della competente A.S.L.

L'intervento ha prodotto i rifiuti di seguito riportati:

CER 170601\* Materiali isolanti contenenti amianto: Kg 92.000 circa

CER 170605\* Materiali da costruzione contenenti amianto: Kg 16.000 circa

CER 170503\* Terre contaminate da sostanze pericolose: Kg 190.000

## 2.3 Lo smaltimento dei rifiuti

L'attività del Commissario Delegato, nel rispetto delle linee guida citate nella introduzione, ha garantito lo smaltimento dei rifiuti già posti sotto sequestro dalla Magistratura. In particolare:

- Al fine di conseguire gli interventi affidati, in esito ad espressa istanza da parte della Struttura

ni di Cr<sup>VI</sup> nelle acque superficiali e sotterranee e delle pressioni ambientali e sanitarie connesse alla presenza di rifiuti pericolosi abbandonati dal fallimento all'interno del sito in spregio alla normativa vigente. Il tutto costantemente controllato attraverso il continuo monitoraggio delle diverse matrici compromesse: aria, suolo, acque superficiali, falda e ambiente marino costiero. I Grafici di cui alla successiva figura 3 evidenziano il significativo miglioramento della falda a far data dalla sostituzione della parte pubblica.

Commissariale, nel mese di settembre 2008, alla presenza del Custode del sequestro e della Curatela, la Guardia di Finanza ha disposto il dissequestro delle Aree previ campionamenti in contraddittorio eseguiti da Arpal di campioni rappresentativi. L'attività di smaltimento si è regolarmente conclusa: i quantitativi di rifiuti smaltiti sono pari a T. 1471.56

- Insaccamento e trasporto a smaltimento di tutto il solfato giallo a deposito temporaneo all'interno dell'ex stabilimento. Complessivamente sono stati smaltiti T. 7.797,24 di Solfato Giallo (Cod CER 060313\*) T. 254,26 di cromite contaminata (Cod. CER 060405\*) e T. 110,04 di terre contaminate (Cod. CER 060405\*)

### 2.3 Il Decommissioning dell'Ex Stabilimento

L'intervento complessivo ha ricompreso n. 3 gare rispettivamente finalizzate alla decontaminazione ed alla destrutturazione all'area SUD, all'area Nord Fase A ed all'area Nord fase B. Le



attività sono state collaudate nel mese di agosto 2016. Parte dei detriti sono stati regolarmente smaltiti, mentre, in relazione all'ultimo appalto conferito è previsto lo smaltimento *in parte qua* nella discarica di Molinetto asservita – a termini di o.P.C.M.- al Commissario Delegato. Circa i rifiuti non conferibili in discarica si dovrà provvedere, in esito al trasferimento delle necessarie risorse finanziarie, a procedure di gara finalizzate allo smaltimento degli stessi presso impianti autorizzati.

La successiva figura 4 evidenzia la situazione al mese di agosto 2016:

**Fig. 4** – L'ex stabilimento nel mese di agosto 2016

### 2.4 La nuova linea di Trattamento Acque di Falda (TAF) ECO 1

La nuova linea di trattamento acque di falda è stata dichiarata indifferibile, urgente e di pubblica utilità con o.P.C.M. 3742 del 18 febbraio 2009. In esito alla redazione del Progetto



definitivo è stata avviata la Procedura Aperta per un appalto Integrato finalizzato alla redazione del Progetto esecutivo e della realizzazione del nuovo Impianto.

L'impianto è stato regolarmente realizzato ed opera senza soluzione di continuità dall'agosto 2010. Lo stesso è gestito in amministrazione diretta attraverso il personale assunto a tempo pieno e determinato dalla Struttura Commissariale (in oggi 6 unità).

### 2.4 Il Barrieramento fisico a Pian Masino

È stato realizzato un diaframma a pali secanti che attraversa il materiale incoerente, sede della falda acquifera, fino ad immersarsi nel substrato roccioso a circa 10 metri di profondità. La

barriera, quale opera di MISE, ha l'obiettivo di confinare la falda inquinata sottostante l'area di Pian Masino dalle acque di sub-alveo del Torrente Lerone. Lo sbarramento fisico sotterraneo è completato da un muro di contenimento finalizzato a impedire che le terre altamente inquinate presenti nell'area di Pian Masino possano riversarsi nell'alveo fluviale a seguito di movimenti gravitativi.

A completamento dell'intervento sono stati terebrati 13 pozzi barriera per intercettare le acque inquinate deviate dalla barriera fisica verso le zone di valle idrogeologica.

### *2.5 La bonifica degli arenili di Cogoleto ed Arenzano*

Trattasi di intervento realizzato in area pubblica.

Il quantitativo di crostone asportato dagli arenili di Arenzano risulta pari a 5.303 m<sup>3</sup> corrispondenti a 11.859,06 T., mentre sono stati stesi 28.110,00 m<sup>3</sup> di sabbie da ripascimento strutturale.

Il quantitativo di crostone asportato dagli arenili di Cogoleto risulta pari a 24.206 m<sup>3</sup> corrispondenti a 54.125,04 T., mentre sono stati stesi 78.290,61 m<sup>3</sup> di sabbie da ripascimento strutturale.

I due interventi hanno rispettivamente ottenuto la Certificazione di avvenuta bonifica da parte della Provincia con Provvedimento Dirigenziale 7989 del 20/12/2010 (Arenzano) e con Provvedimento Dirigenziale 2803 del 17 maggio 2012 (Cogoleto).

Sulla base della certificazione di cui sopra è stata proposta la deperimetrazione per la quale sia la conferenza dei servizi sia la Regione Liguria con propria deliberazione in data 5 ottobre 2012 n. 1170 hanno espresso il proprio parere favorevole. Il Commissario Delegato con proprio decreto in data 29 ottobre 2012 n. 376 ha disposto la restituzione ai legittimi usi delle aree degli arenili di Arenzano e Cogoleto già ricomprese nel SIN Ex Stoppani; copia del decreto è stata inoltrata al Ministero dell'Ambiente ai fini della rivisitazione della perimetrazione del sito di cui al D.M. 8/7/2002.

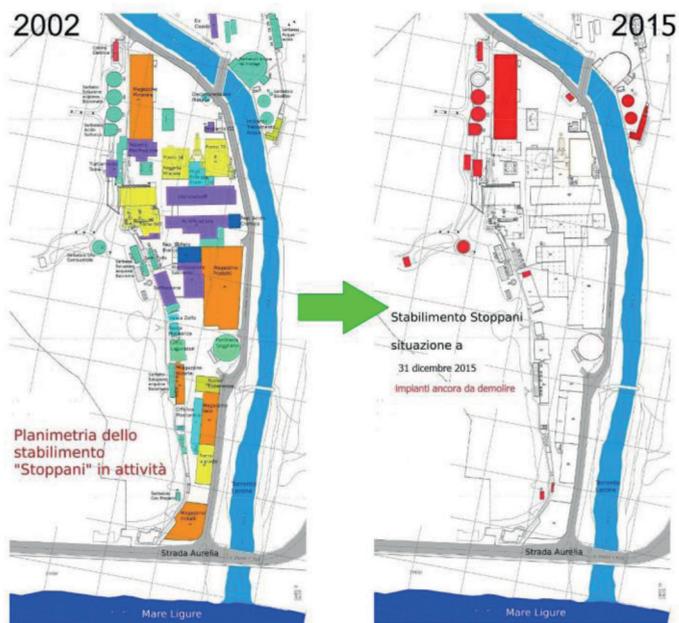
### *2.5 Il danno ambientale*

Con lettera in data 12 febbraio 2015 l'Avvocatura dello Stato ha trasmesso al Ministero dell'Ambiente e al Commissario Delegato il decreto del 2 gennaio 2015, definitivo, con il quale il tribunale di Milano, in attuazione alla sentenza della Corte di Cassazione n. 5705 del 7 marzo 2013, ha ammesso allo stato passivo del fallimento il credito riconosciuto in favore della struttura commissariale e del Ministero dell'Ambiente per l'importo complessivo di 1.607 milioni di euro.

### *2.6 Situazione attuale dell'ex Stabilimento*

La seguente immagine rappresenta in modo esaustivo tutti gli interventi realizzati in danno nei confronti del Soggetto inadempiente.

## SITUAZIONE SIN STOPPANI AL 31 DICEMBRE 2015



alcune tappe della trasformazione:



Presidenza Consiglio dei Ministri  
Commissario Delegato Emergenza Biopigi

### 2.6 Spese sostenute

Gli interventi sopra menzionati (comprensivi di oneri di concessione, irap, IVA...) sostenuti dallo Stato alla data di redazione della presente relazione sono pari a circa € 58.000.000,00.

### 3. Conclusioni

Gli ingenti interventi realizzati dal Commissario Delegato consentono ad oggi di affermare la sussistenza di una MISE del SIN Stoppani. La stessa è comunque strettamente legata al funzionamento senza soluzione di continuità dell'impianto di emungimento e trattamento acque di falda in oggi garantito in amministrazione diretta da parte del Commissario Delegato. Dal 2007 al 31 dicembre 2015 sono state trattate 639.635 m<sup>3</sup> di acque ed evitato lo sversamento a mare di 3.308 Kg di Cromo esavalente.

# Bonifica di un'area industriale attiva presso un sito di interesse nazionale in Sardegna – Portoscuso

*Giacomo Cattarossi [giacomo.cattarossi@hpc-italia.it](mailto:giacomo.cattarossi@hpc-italia.it), Raffaele Pellegatta HPC ITALIA S.r.l.,  
Milano;  
Pier Paolo Manca [ppmanca@unica.it](mailto:ppmanca@unica.it), Marcello Ghiani  
CINIGEO - Consorzio Interuniversitario Nazionale  
per l'Ingegneria delle Georisorse, Roma  
Pietro Caredda  
Portovesme S.r.l.*

## **Riassunto**

*Il presente caso studio rappresenta un esempio di applicazione di un insieme di differenti tecnologie finalizzate alla bonifica in un grande sito industriale attivo all'interno del Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese (Sardegna Sud-Occidentale) con un'estensione pari a circa 70 ha, parte integrante del Polo Industriale di Portovesme, dove esistono molteplici problematiche legate alle interferenze produttive e difficoltà di carattere tecnico-logistico.*

*Nell'ambito del progetto in essere sono state sperimentate tecnologie innovative nel campo della impermeabilizzazione (teli altamente performanti associati a calcestruzzi di nuova concezione, testati in campo) e tecnologie in situ attualmente poco applicate a contaminazioni inorganiche (Soil Flushing, testato in laboratorio).*

## **Summary**

*The current case study represents an example of application of a set of different technologies for soil remediation in a large industrial site within the Site of National Interest (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese (South West Sardinia) of about 700'000 square meters. This area is included into the Industrial site of Portovesme, interested by multiple issues related to productive interference and difficulties of technical and logistic character related to the presence of active industrial plants.*

*As part of the project, innovative technologies were tested in the waterproofing field (high performance waterproofing mat and newly developed concrete, both of them tested in the field) and in situ technologies not so commonly used for inorganic contaminants remediation (Soil Flushing tested in the laboratory).*

## **1. Introduzione**

Lo Stabilimento Portovesme Srl oggetto di studio è ubicato all'interno del Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese (Sardegna Sud-Occidentale) con un'estensione pari a circa 70 ha, parte integrante del Polo Industriale di Portoscuso.

Il sito è caratterizzato da una contaminazione da metalli pesanti nei terreni insaturi fino ad una profondità pari a circa 6 m, in uno stabilimento attualmente attivo nel trattamento di solfuri

e ossidi misti per la produzione di Piombo, Zinco, Acido Solforico, Ossidi Waelz e Cementi Rame.

Le attività di bonifica dei terreni sono in fase di realizzazione e prevedono l'applicazione delle tecnologie di:

- Scavo e smaltimento per le aree accessibili e non pavimentate (Fase 1A della bonifica);
- Capping di tutte le aree non pavimentate con pacchetti impermeabili altamente performanti e tecnologicamente innovativi (Fase 1B della bonifica);
- Soil Flushing per le restanti aree accessibili (Fase 1C della bonifica);
- Soil Washing per le aree inaccessibili, una volta dismesse le attività produttive (Fase 2 della bonifica).

Il volume totale dei terreni da bonificare è pari a circa 1'190'000 m<sup>3</sup>.

Il Progetto Operativo di Bonifica (POB) dei terreni del sito in esame è stato approvato con Decreto MATTM n. 5257 del 23/09/2014 relativamente alle Fasi 1A (di scavo e smaltimento) e Fase 1 B (di impermeabilizzazione/capping delle aree non pavimentate).

Attualmente sono in fase di realizzazione le opere di Fase 1A e 1B e si sono concluse le attività di sperimentazione in laboratorio per il Soil Flushing ed il Soil Washing a cui seguirà una sperimentazione pilota in campo.

## **2. Relazione**

### *2.1 Attività preliminari alla progettazione esecutiva di Fase 1A e 1B*

Come previsto dal POB si sono resi necessari una serie di interventi propedeutici alla progettazione delle opere di bonifica mediante scavo – smaltimento e impermeabilizzazione delle aree non pavimentate consistenti in:

- Rilievo topografico di tutte le aree oggetto di scavo e capping o funzionali all'attività di bonifica (i.e. stazione di deposito terreni).
- Rilievo georadar per la verifica della presenza di sottoservizi nelle aree oggetto di bonifica.
- Prove SPT e prove DPSH per la verifica delle caratteristiche geotecniche della stazione di deposito terreni di bonifica.
- Test in campo per un necessario approfondimento tecnico funzionale all'esecuzione delle opere di impermeabilizzazione.

In particolare nel periodo settembre-ottobre 2015 sono state realizzate delle sperimentazioni in campo in tre aree pilota, al fine di identificare le soluzioni progettuali migliori da sviluppare a livello di progettazione esecutiva per la Fase 1B. Sono stati applicati diversi pacchetti di impermeabilizzazione in aree con caratteristiche differenti in termini di morfologia, presenza di impianti e sottoservizi, tipo di copertura finale, finiture etc.

Gli esiti delle sperimentazioni hanno potuto identificare come ottimali 5 tipologie di pacchetti impermeabilizzanti da applicare in base alle caratteristiche delle superfici da trattare. In tutti i casi si tratta di una combinazione tra una membrana impermeabile sintetica a base di poliolefina flessibile (FPO) di elevata qualità e miscele in calcestruzzo altamente performanti a prestazioni garantite.

I pacchetti di capping definiti a seguito dei test pilota sopra menzionati sono riportati nel seguito.

### *2.2 Descrizione degli interventi di bonifica – Fase 1A - Scavo e smaltimento*

In Figura 1 sono presentate, con una colorazione verde, le aree dello stabilimento identificate all'interno del POB come superfici non pavimentate. Tali aree saranno tutte soggette alle attività di capping e, limitatamente alle aree con presenza di contaminazione nei terreni, ad attività di scavo.

Le attività di scavo saranno realizzate secondo 5 stralci funzionali temporalmente e spazialmente distinti. Le attività di scavo saranno realizzate secondo modalità diverse sulla base delle

specifiche aree di intervento e compatibilmente con la realizzabilità tecnica delle stesse (con escavatore meccanico, con escavatore a rusucchio, a mano, ecc).



**Fig. 1** – Planimetria del sito con identificazione delle aree soggette a bonifica di Fase 1A e 1B.

### 2.3 Descrizione degli interventi di bonifica – FASE 1B – Capping

Al termine della Fase 1A di scavo per ogni specifico lotto di intervento si procederà, per tutte le aree non pavimentate, alla realizzazione di una copertura impermeabilizzante definita come capping nella Fase 1B del POB.

Una volta definita la modalità di completamento superficiale delle aree oggetto di capping (pavimentazione per tutte le superfici, fatta eccezione per alcune aree minoritarie che verranno rinverdate in prossimità dell'area direzionale dello stabilimento), si è reso necessario definire la modalità di impermeabilizzazione ideale.

Con la conclusione dei sopraccitati test di campo di capping, si sono identificate le soluzioni progettuali ottimali sulla base della specificità delle aree che dovranno essere soggette a capping.

Si sono sperimentate diverse soluzioni utilizzando in particolare un telo impermeabile sintetico a base di poliolefina flessibile (FPO) di elevata qualità, e caratterizzato da una speciale griglia di adesivo poliolefinico sigillante (PO), inglobata in un tessuto non tessuto in polipropilene, modello SIKAPROOF A-12 di spessore 1,70 mm. Si tratta di un telo impermeabile altamente performante in grado di reagire sia chimicamente, con il calore sviluppato dal calcestruzzo applicato al di sopra in fase di presa ed indurimento, che meccanicamente,



grazie alla compenetrazione del lattime di cemento nel tessuto in propilene tramite una sorta di incollaggio meccanico. In questo modo si ottiene un'aderenza coesiva non separabile. Questo sistema ha superato il test di qualità UNI EN 1928-B per la determinazione di tenuta all'acqua di membrane per impermeabilizzazione. La norma specifica le procedure per determinare la resistenza all'acqua di prodotti fabbricati industrialmente, cioè la resistenza all'acqua stagnante o alla pressione idraulica assorbita da una parte limitata della superficie. Tra i vantaggi

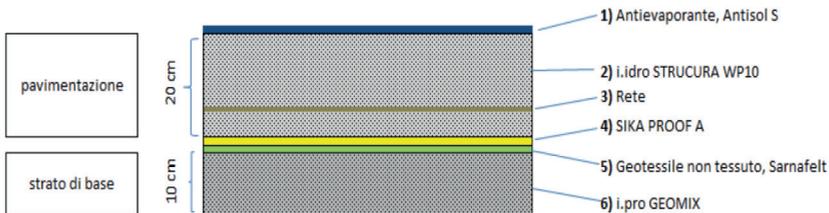
dell'impiego di questo telo si annovera l'applicazione a freddo e la conseguente sicurezza e semplicità di installazione (non sono necessarie infatti saldature ad aria calda o fiamma).

Al di sopra del telo è stato applicato un calcestruzzo strutturale a prestazione garantita per la realizzazione di strutture impermeabili, costituito da mix design codificati come P001CAR (i.dro STRUTTURATA WP 10 – C32/40 S4 XC4 Dmax 14 mm) e P002CAR (i.dro STRUTTURATA WP 10 – C32/40 S2 XC4 Dmax 14 mm). Queste tipologie di cementi vengono generalmente impiegate per strutture che richiedono una lunga vita utile e in strutture di contenimento o opere idrauliche. L'utilizzo dei calcestruzzi i.dro STRUTTURATA WP consente di ottenere ottimi risultati per quanto riguarda impermeabilità (grazie alla riduzione della dimensione dei pori capillari), diminuzione dei costi strutturali (in quanto non sono necessarie protezioni superficiali), elevata compattezza, resistenza e maggiore durabilità in presenza di acque di falda e reflue, anche in presenza di agenti chimici aggressivi.

Al termine delle sperimentazioni si è optato per l'utilizzo di 5 specifici pacchetti capping, applicabili alle diverse tipologie di aree presenti all'interno del sito.

Tali pacchetti impermeabilizzanti, (in Figure 2 uno schema tipo), frutto di un approfondimento progettuale in fase esecutiva mirato a garantire l'efficacia dell'intervento di capping, sono caratterizzati da un sistema tecnologico altamente innovativo e performante (utilizzo di membrana impermeabile sintetica a base di poliolefina flessibile – FPO - di elevata qualità e miscele in calcestruzzo a prestazioni garantite).

Con l'intervento progettato si otterrà la completa impermeabilizzazione di tutte le superfici di intervento. Il pacchetto di capping permetterà l'interruzione di tutti i percorsi d'infiltrazione delle acque meteoriche nei terreni sottostanti allo stabilimento, inclusi quelli potenzialmente contaminanti, interrompendo di fatto i possibili fenomeni di lisciviazione in falda di metalli, ed ottenendo una forte riduzione di potenziali fenomeni di sollevamento delle polveri dalle superfici del sito, oltre ad una restituzione funzionale di molte aree all'attività produttiva dello stabilimento.



**Fig. 2 – Stratigrafia del pacchetto capping previsto per superfici piane carrabili**

#### 2.4 Attività di sperimentazione in laboratorio - Soil Flushing e Soil Washing

Tutte le attività relative alla Fase 1C (bonifica mediante tecnica Soil Flushing) sono vincolate ad una adeguata sperimentazione preliminare mediante esecuzione di appositi test di laboratorio e di campo volti alla definizione di dettaglio dei parametri di processo (tipologia soluzioni estraenti, volumi di iniezione, tempi e cicli di trattamento, ecc...) per la corretta esecuzione della bonifica.

Tali sperimentazioni saranno inoltre utili per la successiva applicazione durante la Fase 2 della tecnologia di Soil Washing, in particolare per la scelta degli additivi ideali da utilizzare per la rimozione dei contaminanti.

Attualmente si è conclusa la fase di sperimentazione in laboratorio finalizzata a valutare l'applicabilità delle tecniche di bonifica di Soil Flushing e Soil Washing ai suoli inquinati dello Stabilimento Portovesme.

Il lavoro di sperimentazione è stato eseguito dal CINIGEO (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Ingegneria delle Georisorse, Roma). Per le attività di laboratorio il CINIGEO si è avvalso delle strutture del DICAAR (Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura dell'Università degli studi di Cagliari).

Le prove sperimentali si sono svolte tra il mese di aprile 2015 e aprile 2016; il numero totale di test è stato pari a 52, il numero di campioni esaminati è stato pari a circa 600 per 17 analiti.

In particolare sono state eseguite:

- Prove in becher (più adatte per simulare il processo di *Soil washing*);
- Estrazioni sequenziali;
- Prove in reattore;
- Prove in colonna (più adatte per simulare il processo di *Soil flushing*).

In riferimento agli 8 analiti per i quali l'AdR ha stabilito obiettivi di bonifica si sono ottenuti i risultati riportati nella Tabella sottostante.

| ELEMENTI                               | PERCENTUALE DI RIDUZIONE OTTENUTA |
|--|-----------------------------------|
| <b>Sono facilmente lisciviabili</b>    |                                   |
| Selenio                                | 100%                              |
| Tallio                                 | 92%                               |
| Zinco                                  | 76%                               |
| Piombo                                 | 73%                               |
| Cadmio                                 | 72%                               |
| <b>Sono mediamente lisciviabili</b>    |                                   |
| Mercurio                               | 16%                               |
| <b>Sono difficilmente lisciviabili</b> |                                   |
| Arsenico                               | 7%                                |
| Antimonio                              | 9%                                |

**Tab. 1** – Classificazione della lisciviabilità degli inquinanti presenti

Le cinetiche di reazione osservate durante i test di laboratorio evidenziano differenti comportamenti degli analiti considerati e l'esigenza di utilizzare quantità di volumi di soluzioni liscivanti differenti in relazione al tipo di soluzione, al pH e allo stesso rapporto esistente tra le concentrazioni dei diversi analiti.

Dall'esame dei dati si può evincere che le prove in becher hanno fornito i risultati migliori, mentre le prove in reattore hanno fornito i risultati peggiori.

Infine, si osserva che l'analisi statistica dei risultati evidenzia che, in generale, le efficienze variano principalmente per effetto del pH e che, a parità del pH, per effetto del carico idraulico o del grado di compattazione.

### 3. Conclusioni

La bonifica dei terreni del sito di Portovesme rappresenta un best case di applicazione di un insieme di differenti tecnologie finalizzate alla bonifica in un grande sito industriale attivo all'interno di un Sito di Interesse Nazionale (SIN Sulcis Iglesiente Guspinese in Sardegna Sud-Occidentale).

Si tratta inoltre di un esempio di bonifica in una realtà dove sussistono molteplici problematiche legate alle interferenze produttive e difficoltà di carattere tecnico-logistico.

Nell'ambito del progetto in essere sono state sperimentate tecnologie innovative nel campo della impermeabilizzazione (teli altamente performanti associati e calcestruzzi di nuova concezione, testati in campo) e tecnologie in situ attualmente poco applicate a contaminazioni inorganiche (Soil Flushing, testato in laboratorio).

Attualmente sono in fase di realizzazione le opere di Fase 1A (scavo e smaltimento) e 1B (capping) e si sono concluse le attività di sperimentazione in laboratorio per il Soil Flushing ed il Soil Washing a cui seguirà una sperimentazione pilota in campo.

Dalle attività sperimentali eseguite si possono trarre le seguenti conclusioni:

- I pacchetti impermeabilizzanti testati per l'intervento di capping sono risultati idonei e maggiormente efficaci rispetto alle tecniche di capping tradizionale, e sono frutto di un approfondimento progettuale mediante un sistema tecnologico altamente innovativo e performante (utilizzo di membrana impermeabile sintetica a base di poliolefina flessibile – FPO - di elevata qualità e miscele in calcestruzzo a prestazioni garantite).

- Gli 8 analiti oggetto di bonifica (Antimonio, Arsenico, Cadmio, Mercurio, Piombo, Selenio, Tallio e Zinco) si dimostrano tutti lisciviabili, ma con diverse tipologie di soluzioni, in differenti concentrazioni molari (o pH) e con volumi di soluzione differenti.

- L'utilizzo sequenziale di soluzioni differenti per concentrazione (o pH) e tipologia si dimostra la modalità più interessante per raggiungere gli Obiettivi di Bonifica mediante la tecnologia dei Soil Flushing.

Per il dimensionamento dell'intervento full scale di Soil Flushing saranno effettuati test pilota in campo, attualmente in fase di progettazione di dettaglio.

# Sostenibilità della bonifica per un sito di interesse pubblico per la riconversione industriale

*Pablo De Paola, [pablo.depaola@arpalazio.it](mailto:pablo.depaola@arpalazio.it), Arpa Lazio, Rieti; Marco Falconi, Ispra Roma; Sergio Cappucci, Enea, Roma*

## **Riassunto**

*All'interno dell'ex SNIA VISCOSA di Rieti, 100.000 m<sup>3</sup> di suolo contaminato da metalli pesanti sono stati oggetto di bonifica attraverso attività di inertizzazione e messa in sicurezza permanente. Partendo proprio dal progetto di bonifica in corso, sono stati estrapolati gli elementi di sintesi per l'applicazione dei modelli di calcolo che accompagnano le scelte improntate alla "green remediation" e, in seconda analisi, alla "sustainable remediation". In questo contesto, il presente studio considera l'impronta ambientale prodotta durante le differenti fasi della bonifica, che sono state analizzate al fine di mettere in risalto i principali fattori impattanti. Pertanto, tenendo conto dei criteri per la selezione e l'individuazione delle migliori tecniche d'intervento a costi sostenibili (D.Lgs. 152/06), è stata valutata l'applicabilità tecnica delle alternative di risanamento, selezionando il Soil Washing per le simulazioni attraverso i software SEFA e Sitewise.*

## **Summary**

*In Rieti (Italy), within the SNIA VISCOSA former chemical plant several hot spot of soils (100.000 m<sup>3</sup>) contaminated by heavy metals, have been subject to remediation by inertization and capping. From the performed remediation project were taken out data to approach the calculation models for the "green remediation" and, in a second step, "sustainable remediation". In this contest, the present study consider the environmental footprint produced during the different phases of remediation activities which have been analyzed in order to highlight the main factors creating environmental impact. Therefore, taking into account criteria to select the Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs (D.Lgs. 152/06), Soil washing was considered as a possible alternative compare to others previously adopted in the simulations by SEFA and Sitewise software.*

## **1. Introduzione**

Questo studio nasce dalla necessità di lavorare concretamente su uno scenario reale di bonifica di un sito contaminato che, per le sue caratteristiche intrinseche capaci di generare un forte interesse pubblico, consenta di ragionare in termini di sostenibilità in linea con quell'orientamento internazionale che, in Italia, si traduce nel "Libro Bianco 2015" preparato da SuRF Italy (Sustainable Remediation Forum) Gruppo di Lavoro RECONnet (<http://www.reconnet.net/>).

Il sito industriale dell'ex SNIA VISCOSA (Rieti, Italia) ha operato nel settore tessile dagli anni '20, terminando l'attività produttiva nel 2006. Dismessa definitivamente la produzione attraverso fasi progressive susseguitesi tra la fine degli anni novanta e il 2006, pur se lo stato

di contaminazione non ha raggiunto livelli tali da farlo rientrare nell'elenco dei SIN, si può affermare che il sito impatta decisamente su tutte le tre sfere della sostenibilità (ambientale/economica/sociale) e, pertanto, richiede una gestione integrata e partecipata delle problematiche aperte che possa eventualmente condurre anche ad Accordi di programma come quelli previsti dall'art. 252-bis del D.Lgs. 152/06 ad oggi riservati solo ai SIN. In quest'ottica, non a caso, la città di Rieti è stata scelta nel 2016 come tappa del "road show" nazionale dedicato al rapporto tra bonifiche ambientali e processi di rigenerazione urbana ([www.audis.it](http://www.audis.it)), anche in seguito al processo di coinvolgimento di tutti gli stakeholders nell'ambito di una call internazionale organizzata dal Comune di Rieti congiuntamente alla proprietà Banca MPS ed a RENA su iniziative legate anche alla gestione del territorio in termini urbanistico-edilizi ([www.nextrieti.it/en/open-call.html](http://www.nextrieti.it/en/open-call.html)). Tra l'altro, è proprio questo l'oggetto su cui recentemente si è costituito un nuovo Gruppo di lavoro RECONnet.

## 2. Relazione

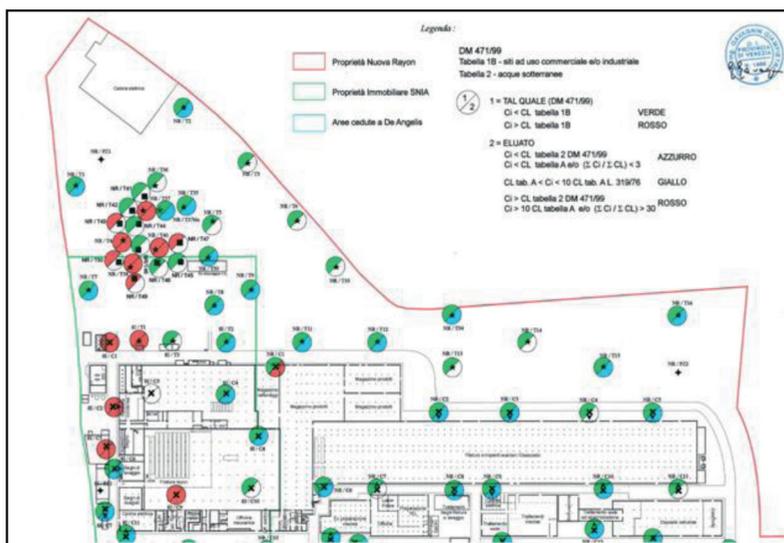
### 2.1 Attività di caratterizzazione del sito ex SNIA VISCOSA

In fase di prima caratterizzazione (D.M. 471/99), condotta cercando di interferire il meno possibile con le attività produttive ancora in corso, si è riscontrata un'area di discarica di circa 3000 m<sup>2</sup>, dove verrà realizzata una vasca di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) condizionando cioè pesantemente le valutazioni nella scelta delle alternative tra le possibili tecnologie di bonifica. Inoltre, l'amianto era variamente presente in tutto lo stabilimento sia nelle lastre di copertura in fibrocemento che, in matrice più friabile, all'interno delle tubazioni e negli impianti.

Le indagini sulle matrici ambientali sono state eseguite con campionamento sistematico-ragionato a griglia 40x40 (Fig. 1), in alcune aree successivamente intensificato con maglia 25x25, riscontrando delle criticità soprattutto riguardo la presenza di metalli pesanti come di seguito specificato.

Nella fase attuale di completa dismissione, la proprietà ha proposto un piano di recupero/smaltimento in più fasi, con un primo intervento sui rifiuti liquidi più critici, Disolfuro di carbonio (CS<sub>2</sub>) e Acido Solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). A questo seguirà la definitiva caratterizzazione delle matrici ambientali.

Nei campioni di terreno sono stati ricercati metalli (sia sul tal quale che sull'eluato), solfuri, fenoli, idrocarburi leggeri (C<12) e idrocarburi pesanti (C>12), confrontando i valori rilevati con i limiti di tabella 1, colonna B dell'allegato 1 al D.M. 471/99 (Fig. 1).



**Fig. 1** – Planimetria dello stabilimento con ubicazione dei primi sondaggi (Gavagnin, 2002)

Successivamente, con lo stop definitivo delle attività (2007) e data l'incerta futura destinazione urbanistica del sito, è stata considerata l'ipotesi più conservativa di destinazione d'uso residenziale. Pertanto, i piani di caratterizzazione eseguiti dal 2011 in poi hanno confrontato i valori ottenuti dai campionamenti con i limiti in tabella 1, colonna A dell'allegato 5 parte V al D.Lgs 152/06. Tutti i dati nelle aree critiche, oltre a contribuire allo sviluppo del Modello Concettuale del Sito (MCS), costituiranno la base per Analisi di Rischio sia in modalità diretta che inversa per le aree stesse.

Nelle acque di falda sono stati invece ricercati i parametri pH, solidi sospesi, metalli e non metalli, solfuri, idrocarburi totali, fenoli, idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Nonostante i valori rilevati in falda non abbiamo mai destato particolari preoccupazioni, soprattutto per disegnare gli scenari futuri, è bene tenere presente che, in determinate fasi del procedimento e per alcuni parametri, i piezometri collocati nei punti di conformità (POC) assunti al confine del sito e quelli nell'intorno della vasca hanno evidenziato un peggioramento delle condizioni della falda superficiale e profonda. Ciò è avvenuto principalmente durante le fasi di lavorazione e a causa degli imprevisti di volta in volta affrontati, i quali hanno messo in risalto il rischio di lisciviazione in falda in circostanze per cui il sistema di capping non risultava perfettamente a tenuta.

## 2.2 Attività di bonifica eseguita

A seguito dell'approvazione degli interventi previsti, negli anni 2003-2005 sono stati demoliti edifici ritenuti non più funzionali alla gestione dello stabilimento ed asportati terreni i cui livelli di contaminazione eccedevano le concentrazioni limite. I terreni non conformi, prima di essere scaricati all'interno della vasca di MISP, sono stati sottoposti ad un processo di ricondizionamento volumetrico tramite vagliatura e, di seguito, ad inertizzazione con miscela cementizia per impedire la lisciviazione dei contaminanti.

La vasca di MISP, inizialmente progettata delle dimensioni di 170x80 metri e poi ampliata di 50 metri in senso longitudinale, è costituita da un diaframma plastico perimetrale in argilla dello spessore di 2 metri, con pali realizzati a mezzo di miscela plastica cemento/bentonite, intestati nei livelli argillosi a profondità variabile tra i 5 e i 7 metri; la sua copertura è realizzata con argilla costipata sormontata da una cotica di manto erboso.

Intorno alla vasca sono state attrezzate cinque coppie di piezometri in due serie (profondi e superficiali) allo scopo di monitorare ad intervalli regolari la qualità delle acque della falda superficiale e profonda.

### *2.3 La sostenibilità nelle scelte di bonifica dell'ex. SNIA*

In base ai criteri riconosciuti in ambito internazionale per l'individuazione del livello di approccio alla valutazione di sostenibilità, per il sito ex SNIA VISCOSA si è determinato un Livello 2 di Analisi semi-quantitativa che ha richiesto di focalizzare l'attenzione sui dati sito specifici fondamentali a disposizione.

Sono strumenti per calcolare la sostenibilità, oltre alle iniziative dei SURF e ad alcuni passaggi della normativa vigente (Allegato 3 alla parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06), alcuni Software dedicati che è possibile inquadrare sinteticamente in questo modo:

– riferiti principalmente alla “green remediation”, molti dei quali freeware (Sitewise, SEFA, SRT);

– riferiti alla “sustainable remediation”, in genere proprietari (es. Goldset).

Pertanto, dallo stato dell'arte del procedimento di bonifica fino ad oggi seguito, è stato possibile estrapolare gli elementi di sintesi per l'applicazione dei modelli di calcolo che accompagnano le scelte improntate alla “green remediation” e, in seconda analisi, alla “sustainable remediation”.

#### *2.3.1 La scelta delle alternative di bonifica*

Per quanto riguarda le tecniche di bonifica già eseguite, esse sono inquadrabili nella categoria chimico-fisica e come intervento ex-situ – on-site. Pertanto, tenendo conto dei criteri per la selezione e l'individuazione delle migliori tecniche d'intervento a costi sostenibili (B.A.T.N.E.E.C. – Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs) riportati in allegato 3 della parte IV del D.Lgs. 152/2006, in base alle caratteristiche del terreno da trattare e delle sostanze che lo contaminano, è stata valutata l'applicabilità tecnica delle alternative al risanamento dell'ex SNIA selezionando, tra quelle possibili, il Soil Washing (SW) in quanto anch'essa inquadrata come intervento ex situ – on site e quindi direttamente confrontabile.

Sono stati quindi riportati i dati di INPUT suddivisi secondo le fasi operative della bonifica finora eseguita (Trattamento ex-situ con misure di messa in sicurezza on-site) ed in base ai fattori maggiormente impattanti sulle risorse naturali e sull'ambiente in genere. Tali dati costituiranno la base per generare anche i dati di INPUT per le successive simulazioni effettuate con differenti software e per le diverse tecnologie di bonifica ipotizzate in alternativa a quella effettivamente realizzata.

Per il Soil Washing la scelta di una soluzione acquosa di Acido Cloridrico (HCl) e, in alternativa, di Acido Solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), deriva da un'analisi di letteratura sulle soluzioni estraenti utilizzate nel processo di soil washing per la rimozione di metalli pesanti. Tale scelta richiede tuttavia un approfondimento soprattutto degli effetti collaterali sul terreno dovuti all'attacco acido subito in presenza di consistenti banchi travertinosi carbonatici.

#### *2.3.2 La scelta dei software*

Uno degli scopi principali del presente lavoro è quello di effettuare calcoli della sostenibilità con diversi strumenti freeware su alcuni casi studio, proprio per testarne l'affidabilità e possibilmente “tarare” gli strumenti stessi per rendere più rapidamente replicabile la valutazione di fronte a casi analoghi. In base alle caratteristiche e alle opportunità di applicazione dei principali software a disposizione (freeware) sono stati selezionati il Sitewise™, sviluppato da Battelle, US Navy, and USACE, e il SEFA (Spreadsheets for Environmental Footprint Analysis), sviluppato da USEPA.

Per velocizzare il calcolo del “footprint” per le comuni alternative di bonifica sono stati costruiti dei fogli Excel in italiano che operano in maniera del tutto analoga agli Worksheets SEFA.

### 2.3.3 Valutazioni sull'applicazione ex-post dei software alla bonifica eseguita in D.M. 471/99 Trattamento ex-situ e Messa in sicurezza permanente (MISP on-site)

Suddividendo in 3 fasi (Component Alias) il procedimento di bonifica adottato si è potuto valutare separatamente il footprint ambientale della fase di costruzione della vasca di MISP (RA-Construction), comprensiva della realizzazione dei piezometri a controllo della tenuta della stessa, da quello della fase di lavorazione vera e propria sui terreni contaminati e non fino alla loro messa a dimora nella vasca stessa (RA-Operations). Le due fasi sono ovviamente indipendenti una dall'altra ed infatti il cronoprogramma dei lavori ha visto solo una parziale sovrapposizione delle fasi, con due diverse ditte operanti all'interno del cantiere.

La terza fase (Long-Term Monitoring), ci consente di valutare l'impatto reale prodotto in 10 anni di monitoraggi e di anticipare le considerazioni anche in proiezione futura.

I risultati in termini di emissioni, energia usata, acqua consumata e quelli della dimensione sociale (rischio incidenti per i lavoratori) possono essere apprezzati nelle figure riassuntive dei risultati di output (es. Fig. 2). Dai risultati emerge chiaramente che l'impatto prodotto da questa tecnologia è quasi totalmente spostato sull'utilizzo dei mezzi di lavoro e sulle materie prime/risorse consumate.

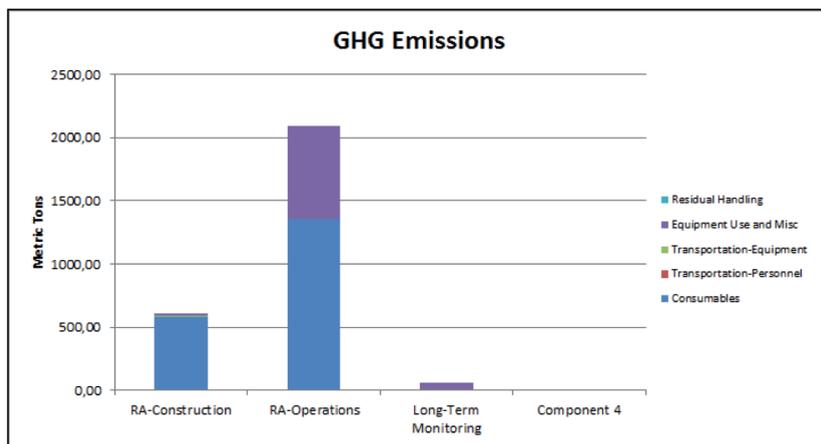


Fig. 2 – Emissioni di Gas climalteranti per le differenti componenti del capping con inertizzazione.

Per SEFA, le formule correlate agli indicatori intermedi (carburante, calce, ecc.) hanno fornito dei risultati in accordo con le valutazioni già fatte per Sitewise e, relativamente ai principali ‘Core Elements’, i software risultano sostanzialmente confrontabili sia per quanto concerne il consumo di acqua che per le emissioni di CO<sub>2</sub>e, mentre gli eccessivi scostamenti per l'energia usata e per le emissioni totali di NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e PM hanno richiesto necessariamente un approfondimento sulle cause che li hanno generati. Dato che le emissioni prodotte on-site risultano praticamente identiche per i due software, si è andati a ricercare l'elemento alterante all'interno dei materiali da produzione in assoluto maggiormente impattanti (cemento e calce). È stato quindi fatto girare il SEFA con i fattori di conversione di Sitewise, individuando lo scostamento relativo dovuto alla produzione di cemento (Tab. 1). Quindi è stato estrapolato il confronto diretto tra i diversi fattori di conversione adottati da USEPA e US Navy (Tab. 2).

| Total NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , and PM emissions (Kg) | Equipment | Calce (Lime) | Calce (Fattori SiteWise) | Cemento | Cemeto (Fattori SiteWise) |
|---|-----------|--------------|--------------------------|---------|---------------------------|
| 12675,906   | 5387      | 2258         | 2211                     | 4799    | 9494                      |
| NO <sub>x</sub>   | 5121      | 664          | 650                      | 3028    | 2792                      |
| SO <sub>x</sub>   | 163       | 1328         | 1301                     | 1766    | 5585                      |
| PM10  | 102       | 266          | 260                      | 5       | 1117                      |
| litri o Kg  | 253532    | 391720       | 391720                   | 1682127 | 1682127                   |

Tab. 1 – Confronto tra software nella valutazione d'impatto legata al cemento

| Confronto fattori di conversione | kg CO <sub>2</sub> e / kg | kg NO <sub>x</sub> / kg | kg SO <sub>x</sub> / kg | kg PM10 / kg | GJ /kg   |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|----------|
| Typical Cement (SiteWise)        | 8,30E-01                  | 1,66E-03                | 3,32E-03                | 6,64E-04     | 4,60E-03 |
| Cemento (Sefa IT)                | 9,00E-01                  | 1,80E-03                | 1,05E-03                | 3,20E-06     | 4,88E-03 |
| Differenza %                     | -7,8%                     | -7,8%                   | 216,2%                  | 20650,0%     | -5,7%    |

Tab. 2 – Confronto tra i fattori di conversione legati alla produzione del cemento

Una così ampia variabilità del dato, soprattutto per le PM10 (fino a 2 ordini di grandezza!), probabilmente la si spiega semplicemente passando al confronto con gli indicatori di performance dei cementifici negli Stati Uniti e gli standard di riferimento nella letteratura tecnica di settore. Ad esempio, rispetto al confronto con questi standard, l'ARPA Veneto rileva che: “per le polveri (PM), i valori medi annuali dei forni “europei” variano di circa tre ordini di grandezza: da un minimo di 0.62 ad un massimo di 522 g/t clinker [1]; considerata l'estrema variabilità dei dati e la difficoltà di trarre considerazioni utili dal punto di vista operativo è comunque evidente che il valore medio annuale di Pederobba nel 2008 (circa 7 g/t clinker) si colloca all'estremo inferiore di questo intervallo, cioè nella prospettiva di un impatto ambientale limitato come ampiamente argomentato dai rapporti tecnici disponibili on-line sul sito ARPAV (cfr. siti web consultati).” [2]

Ma è chiaramente la variazione degli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) a rappresentare nel caso specifico il vero limite al confronto tra i software, non appena i valori dei fattori di conversione raddoppiano o triplicano come osservato. Anche in questo caso è plausibile ammettere che gli standard siano molto variabili in funzione del layout impiantistico valutato e delle fonti dati considerate. Probabilmente c'è poi da tenere presente che anche il valore medio annuale di SO<sub>x</sub> per tonnellata di clinker prodotta dai cementifici “europei” si attesta entro un intervallo piuttosto ampio come avviene anche per gli NO<sub>x</sub> e la CO. [3]

Riguardo al dato di CO<sub>2</sub> in Output è stato poi utile estrapolare tutti i valori per singolo elemento e settore impattante, consentendo in questo caso di far risaltare la totale concordanza tra i software.

#### 2.3.4 Differenze di impatti tra le diverse tecnologie di bonifica

Applicando SiteWise il risultato che principalmente risalta, ad esempio osservando la Tabella 3, è la sostanziale equivalenza tra le due tecnologie alternative scelte, in quasi tutti i segmenti di processo che impattano sull'ambiente, nonché rispetto alla dimensione economica e sociale pur con i limiti noti del software. Per entrambe le scelte progettuali, infatti, si hanno impatti elevati quasi ovunque.

| Remedial Alternatives        | GHG Emissions | Total energy Used | Water Consumption |
|------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|
|                              | metric ton    | MMBTU             | gallons           |
| Ex-situTreatment_MISPon-site | 2767,79       | 3,90E+04          | 5,61E+05          |
| Ex-situTreatment_SWon-site   | 2539,72       | 3,43E+04          | 7,97E+05          |

**Tab. 3 – Confronto assoluto tra tecnologie alternative (MISP Vs SW)**

Anche applicando SEFA, dal confronto di dettaglio tra tecnologie alternative (MISP Vs SW) emerge una loro sostanziale equivalenza d’impatto. Nello specifico, in Tabella 4 sono evidenziati i valori maggiormente impattanti in termini di CO<sub>2</sub> equivalente per le due tecnologie alternative.

| Confronto tra tecnologie nella valutazione d'impatto relativa alla produzione di CO <sub>2</sub> (t) |                                       |                        |             |                |             |
|--|---------------------------------------|------------------------|-------------|----------------|-------------|
| Settore impattante   | Elemento impattante                   | Sefa-IT (MISP on-site) | Percentuali | Sefa-IT (SW)   | Sub-Totali  |
| Equipment use  | Benna mordente                        | 36,76                  | 2%          | 0,00           | 0%          |
|  | Tritovagliatore                       | 446,01                 | 18%         | 446,01         | 18%         |
|  | Escavatore/caricatore                 | 111,32                 | 5%          | 150,29         | 6%          |
|  | Inertizzatore/Miscelatore             | 37,17                  | 2%          | 178,40         | 7%          |
|  | Costipatore                           | 32,79                  | 1%          | 0,00           | 0%          |
|  | <b>Sub-totale Equipment use</b>       | <b>664,04</b>          | <b>27%</b>  | <b>774,70</b>  | <b>31%</b>  |
| Transportation   | Trasporti                             | 15,42                  | 1%          | 23,10          | 1%          |
|  | <b>Sub-totale Transportation</b>      | <b>15,42</b>           | <b>1%</b>   | <b>23,10</b>   | <b>1%</b>   |
| Material production  | Acqua                                 | 1,27                   | 0%          | 1,83           | 0%          |
|  | Calce/HCl                             | 332,04                 | 14%         | 1548,93        | 63%         |
|  | PVC                                   | 1,82                   | 0%          | 0,00           | 0%          |
|  | Bentonite                             | 18,06                  | 1%          | 0,00           | 0%          |
|  | Cemento                               | 1400,09                | 58%         | 113,82         | 5%          |
|  | Ghiaia                                | 0,00                   | 0%          | 0,00           | 0%          |
|  | <b>Sub-totale Material production</b> | <b>1753,29</b>         | <b>72%</b>  | <b>1664,58</b> | <b>68%</b>  |
| Waste  | Fanghi                                | Valutato separatamente |             |                |             |
|  | <b>Sub-totale Waste</b>               |                        |             |                |             |
|  | <b>CO<sub>2</sub> (t) TOTALE</b>      | <b>2432,76</b>         | <b>100%</b> | <b>2462,38</b> | <b>100%</b> |

**Tab. 4 – Confronto SEFA sulla CO<sub>2</sub> tra tecnologie alternative (MISP Vs SW)**

### 3. Conclusioni

In conclusione possiamo affermare che le principali differenze tra le diverse tecnologie di bonifica esaminate consistono in alcuni parametri tipici che in un determinato caso sono dominanti dal punto di vista del footprint e ad impatto “zero” nell’altro caso (e viceversa).

Inoltre, se nel caso della messa in sicurezza permanente si è potuto mantenere in sito un’ingente quantità di rifiuti già presenti (criterio per il quale è stato scelto quel determinato sito piuttosto che un altro), nel caso di un’eventuale bonifica off-site si sarebbe dovuto considerare, oltre ai fanghi di lavaggio, anche l’impatto prodotto dall’asportazione e smaltimento di tali rifiuti, con tutte le incertezze che abbiamo esaminato. Di converso però, la tecnologia di soil washing ha consentito di ipotizzare il riutilizzo nei ritombamenti delle cavità prodotte durante le attività di bonifica, con conseguente riduzione del footprint futuro dovuto al reperimento e utilizzo del materiale di cava vergine e alla mancata perdita di “suolo utile” al contrario perso con la realizzazione del capping.

Questo aspetto va considerato anche in termini di risparmio, o meglio di recupero delle esternalità economiche e sociali prodotte con il posizionamento di una discarica permanente nel cuore della città ed ha necessariamente condizionato anche le ulteriori simulazioni fatte su possibili scenari futuri nell'applicazione dei software alla bonifica futura ai sensi del D.Lgs. 152/06.

Quest'ultimo risultato, insieme a tutti quelli raggiunti nel presente lavoro, consente di affermare che c'è una complessiva affidabilità/trasparenza dei software utilizzati, specialmente nel percorso input/output, ed una relativa semplicità di applicazione e di reportistica finale.

Ciò mette i soggetti interessati al completamento delle operazioni di bonifica nelle condizioni di proporre modifiche tecniche e/o di adottare delle BMP (Best Management Practice) per minimizzarne l'impatto senza intaccarne l'efficacia, tenendo conto di entrambe le possibili destinazioni d'uso future.

### **Bibliografia**

[1] **Bref, 2010**. Reference document on best available techniques in the cement, lime and magnesium oxide manufacturing industries. May 2010. European Commission Joint research Centre. Institute for Prospective Technological Studies, 2010, p. XXII+461.

[2] **Bressan, M., Rosa, M., De Dominicis, D., Silvestri, P., Tomiato, L.** (ARPAV, Dipartimento Provinciale di Treviso). Emissioni di inquinanti atmosferici dalla produzione di clinker di cemento. Approccio LCM in un caso di studio in Veneto. Ars n. 129 - aprile/giugno 2011.

[3] **EPA, 1994**. Alternative control techniques document - NOx emissions from cement manufacturing. pp. 19-30.

# Il Piano di indagini di caratterizzazione all'interno di aree industriali dismesse: caso applicativo alle ex Acciaierie e Ferriere Pugliesi

*Antonella Lomoro [alomoro@eco-logicasrl.it](mailto:alomoro@eco-logicasrl.it), Angela Addante, Massimo Guido  
Eco-logica s.r.l., Bari*

## **Riassunto**

*La presenza di aree industriali inquinate, abbandonate e degradate, all'interno di una città rappresenta da sempre un elemento di criticità, soprattutto in presenza di popolazioni che vivono a stretto contatto e che sono pertanto soggette al rischio ambientale e sanitario.*

*Il caso qui presentato riguarda la definizione del Piano di indagini di Caratterizzazione di un sito potenzialmente contaminato, caratterizzato dalla peculiarità dello stato dei luoghi dei capannoni industriali presenti all'interno di tale area.*

*L'esecuzione delle indagini tiene conto sia della componente di rischio ambientale a cui sono sottoposti gli operatori e sia principalmente della necessità di garantire condizioni di sicurezza per i lavoratori che svolgeranno le attività previste all'interno dell'area e sottostante il piano di sedime delle strutture, nonché delle componenti civili e naturali.*

## **Summary**

*The presence of polluted industrial areas, abandoned and degraded within a city is always a critical element, especially for people who living near these areas and therefore subjected to health and environmental risk.*

*The case presented here concerns the definition of the Characterization Plan of a potentially contaminated site, characterized by the peculiarities of the state of industrial halls present within that area.*

*The execution of the investigations considers both the environmental risk component perceived by the operators and the need to ensure safe conditions for the workers who will carry out the activities planned within the area and below the plane of the structures, as well as of civil and natural components.*

## **1. Introduzione**

Il D.Lgs n.152 del 2006 [1] all'interno dell'allegato 2 al Titolo V della Parte IV descrive dettagliatamente la normativa inerente la caratterizzazione dei siti contaminati e le attività da svolgere nella fase di investigazione, al fine di individuare tutti gli elementi necessari per descrivere in maniera scrupolosa e accurata il sito e l'area interessata dal degrado.

Nel rispetto della normativa vigente è stato redatto il Piano di Indagini di Caratterizzazione dell'area interna ad un'ex stabilimento industriale [2], un tempo sede delle attività delle Ac-

ciaierie e Ferriere Pugliesi che attualmente sono ritenute potenziali responsabili di inquinamento ambientale.

L'Analisi di Rischio Sito Specifica dell'area ex AFP ha confermato, per le aree esterne ai capannoni, uno stato di contaminazione in atto e la presenza di rischio associato al contatto diretto di suolo per il rischio cancerogeno individuale e cumulativo per l'Arsenico.

Pertanto si è proceduto a caratterizzare anche l'area interna ai capannoni e sottostante il piano di sedime degli stessi, al fine di mettere in atto quanto necessario per garantire la tutela dei ricettori sensibili individuati all'interno dell'area.

Il caso in esame propone un approccio applicabile per redigere il Piano di Indagini di aree dismesse, caratterizzate da una sicurezza strutturale incerta e dalla presenza di architetture complesse con cunicoli fosse e cisterne proprie dell'attività industriale di un tempo. Tale approccio, consentirebbe di far fronte contemporaneamente a due necessità: la prima associata al bisogno di caratterizzare l'area sottostante il piano di sedime dei capannoni industriali e la seconda legata al rischio a cui i lavoratori responsabili dello svolgimento delle attività previste potrebbero essere esposti.

## **2. Relazione**

### *2.1. Cenni storici*

Il sito delle ex Acciaierie e Ferriere Pugliesi (AFP) è ubicato nel settore sud-orientale del territorio urbanizzato del Comune di Giovinazzo (BA) in corrispondenza della lama denominata "Lama di Castello", in prossimità della S.S. 16 Giovinazzo – S. Spirito e presenta un contesto naturale carsico in diretta continuità con il mare adriatico.

L'area delle ex AFP presenta una superficie di circa 98.000 m<sup>2</sup>, di cui 30.500 m<sup>2</sup> sono occupati dai capannoni dismessi e 13.000 m<sup>2</sup> occupati da capannoni con attività in esercizio; la restante superficie, pari a 54.500 m<sup>2</sup> è occupata dalla viabilità di servizio e da suoli interessati da accumulo di detriti e rifiuti di diversa natura.

Il sito, di proprietà privata, è stato interessato negli anni dal 1924 al 1985 dall'attività delle Acciaierie e Ferriere Pugliesi. Da allora lo stabilimento ha subito numerose modifiche: alcuni capannoni industriali sono stati riedificati e ristrutturati, ospitando attualmente aziende di piccola dimensione, alcuni sono stati demoliti, mentre altri sono rimasti inutilizzati e si trovano in stato di abbandono. Lo stato attuale di contaminazione delle matrici ambientali è strettamente legato alle principali attività che nel tempo sono state svolte nell'area in oggetto e quindi essenzialmente nella lavorazione dei metalli pesanti.

### *2.2. Stato dei luoghi interno ai capannoni*

I capannoni dismessi dello stabilimento delle ex AFP di Giovinazzo non ospitano attività commerciali/industriali da circa trent'anni. Nonostante nel corso degli anni si sia tentato di impedirne l'accesso a gente non autorizzata, i capannoni sono stati utilizzati per l'abbandono indiscriminato da parte di ignoti di rifiuti e materiali provenienti dalle più varie attività artigianali di e per tale motivo oggi giorno risulta disagevole muoversi al loro interno. I pavimenti interni sono quasi totalmente ricoperti da rifiuti di tipo urbano e da rifiuti provenienti dall'attività industriale di un tempo. Inoltre, parte delle attrezzature interne e parti strutturali secondarie in metallo sono state saccheggiate, mettendo a rischio la stabilità strutturale dei capannoni.

All'interno dei capannoni è stata rilevata la presenza di architetture complesse con cunicoli, fosse e cisterne, proprie dell'attività industriale di un tempo, in cui i capannoni venivano utilizzati per la lavorazione di minerali di ferro e per la produzione di acciaio, ghisa e relativi manufatti. In particolar modo, sono presenti percorsi sotterranei a quote fino a -10m dal

piano campagna, lunghi anche varie decine di metri e coperti da solai di cui non è possibile prevedere la stabilità, fosse profonde una decina di metri alcune delle quali in collegamento tra di loro, dislivelli di molti metri, corridoi di cui non si conosce ne si può prevedere la percorribilità.

### 2.3. Piano di indagini

La progettazione del piano di indagini da eseguire all'interno dei capannoni pone la propria attenzione sia sulla componente di rischio ambientale a cui sono sottoposti i ricettori umani e sia sulla necessità di garantire condizioni di sicurezza per i lavoratori che svolgeranno le attività previste all'interno dell'area e sottostante il piano di sedime dei capannoni.

Sono state prese in considerazione differenti tecnologie per l'esecuzione dei sondaggi geognostici, tra cui l'Horizontal Directional Drilling (HDD), che consente di eseguire sondaggi inclinati o persino orizzontali essendo prevista di controllo direzionale.

Sebbene la tecnica HDD consentirebbe a di superare le difficoltà connesse all'introduzione dei mezzi all'interno dei capannoni e i relativi problemi connessi alla verifica di stabilità dei capannoni, le informazioni attualmente in possesso riguardanti le strutture di fondazione dei capannoni sono scarse e limitate. L'utilizzo di questa tecnica per prelevare campioni al di sotto del piano di sedime, senza entrare al loro interno, potrebbe comportare il rischio di intercettare strutture portanti di fondazione presenti nei primi metri di profondità dal piano di sedime dei capannoni, rischiando di compromettere la loro stabilità strutturale. Pertanto, è stato deciso di eseguire sondaggi verticali a carotaggio continuo direttamente all'interno dei capannoni in cui l'accesso è facilmente consentito, spingendosi a profondità dal piano campagna tali da consentire il prelievo di campioni al di sotto di fosse, cisterne o cavità presenti. Ma per far ciò è necessario adottare opportune misure di sicurezza degli operatori e dei mezzi, per superare le incertezze connesse alle conoscenze strutturali e alla stabilità delle coperture degli stessi capannoni.

Le modalità operative previste per l'esecuzione dei sondaggi sono quelle riportate nel Manuale APAT (ora ISPRA) 43/2006 [3], intitolato "**Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati**", in cui sono contenute le indagini da condurre in siti contaminati per la determinazione delle caratteristiche delle matrici ambientali, con particolare riguardo al suolo, sottosuolo e alle acque sotterranee.

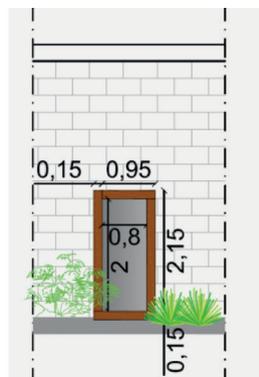
### 2.4. Requisiti sicurezza

La scelta dell'ubicazione dei sondaggi è stata affrontata scrupolosamente al fine di adempiere ai criteri sulla sicurezza sul lavoro del D.Lgs. 81/2008 [4], adottando le misure di prevenzione e protezione per la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori che svolgeranno le attività lavorative previste nel piano delle indagini di caratterizzazione dell'area interna ai capannoni. La sicurezza dei lavoratori responsabili dell'esecuzione dei sondaggi geognostici interni ai capannoni industriali delle ex AFP sarà garantita dal rispetto dei criteri generali di sicurezza per le vie di uscita contenuti nel D.M. del 10 marzo 1998 [5]. Infatti, la distanza dal punto di esecuzione del sondaggio e il punto di uscita più vicino esistente (punto di accesso allo stesso capannone o apposita uscita di emergenza individuata) non deve mai superare i 15-30 metri e il tempo massimo di esodo deve essere pari ad un minuto, nell'ipotesi cautelativa che i capannoni siano luoghi ad elevata pericolosità.

Nel dettaglio, i sondaggi previsti ubicati ad una distanza minore di 30 m dai rispettivi punti di accesso ai capannoni non necessiteranno di particolari accorgimenti per garantire il rispetto del D.M del 10 marzo 1998 [5]. Mentre, i sondaggi situati ad una distanza maggiore di 30 m dai rispettivi punti di accesso ai capannoni, richiedono l'allestimento di ulteriori vie di fuga. In particolar modo, si è provveduto ad utilizzare le aperture già esistenti sulle murature perimetrali dei capannoni dismessi e adiacenti al punto di esecuzione del sondaggio geognostici,

al fine di prevedere un sistema di vie di uscita ben organizzato per garantire un'adeguata e rapida uscita dei lavoratori in caso di emergenza.

Nello specifico, durante l'esecuzione di un sondaggio è stato previsto di sfruttare come uscita di emergenza un'apertura presente sulla muratura perimetrale del capannone adiacente, così come riportato in Figura 1.



**Fig. 1** – Aperture presenti sulla muratura perimetrale del capannone **Fig. 2** – Realizzazione uscita d'emergenza

L'apertura esistente è larga 0,80 m ed è alta 2,0 m e in passato presumibilmente costituiva la porta di accesso del capannone. Tale apertura sarà allestita con telaio in legno e telo in HDPE per consentire l'apertura del varco in situazione di emergenza. In particolare modo il telaio sarà costituito da doghe in legno di abete della larghezza di 130 mm, piallate, smussate, maschiate e preverniciate fuori opera, posate accostate lungo i perimetri delle aperture e chiodate alla muratura per mezzo di cerniere in corrispondenza di un lato. Su tale telaio realizzato sarà ancorato tramite risvolto un telo in HDPE (Figura 2).

Durante l'esecuzione di un altro sondaggio, invece, è stato previsto di sfruttare come uscita di emergenza una delle due aperture presenti sulla muratura perimetrale del capannone adiacente, così come riportato in Figura 3.

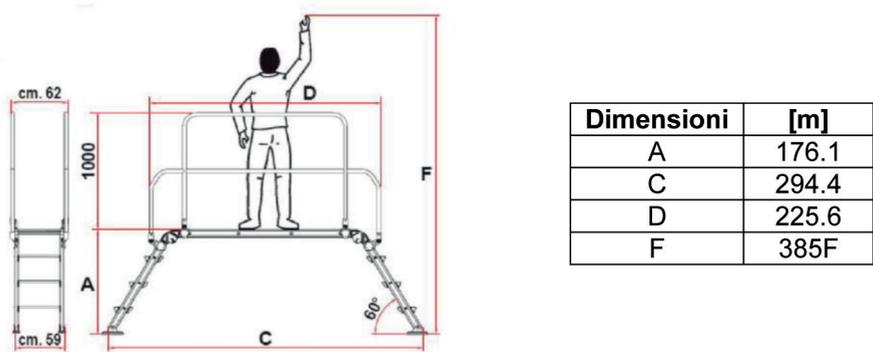


**Fig. 3** – Aperture presenti sulla muratura perimetrale del capannone

L'apertura sulla destra raffigurata nell'immagine sovrastante sarà allestita ad uscita di emergenza. Tale apertura è situata a circa 1,60 m dal piano campagna, è alta 1,70 m, larga 2,20 m e in passato presumibilmente costituiva una finestra del capannone.

In questo caso, per consentire ai lavoratori di oltrepassare tale apertura durante le situazione

di emergenza, si interverrà installando una scala a ponte costituita da ampia pedana idrorepellente antiscivolo in alluminio con piano in legno Eurodeck di dimensioni cm 90 x 53, munita di parapetti di protezione su ambo i lati e di piedi di appoggio pre-forati per il fissaggio a terra e avente una portata massima di 200 kg (Figura 4).



**Fig. 4 –** Scala a ponte in alluminio per il superamento delle aperture presenti sul muro perimetrale del capannone

Tutte le vie di fuga saranno chiaramente individuabili, correttamente segnalate e condurranno sempre in luoghi sicuri, identificabili con le aree esterne ai capannoni.

È importante che le vie di fuga siano sempre:

- percorribili senza impedimenti e libere da ostacoli;
- sufficientemente illuminate;
- utilizzabili senza correre alcun pericolo;
- in caso di black-out, facilmente individuabili (ad esempio con segnaletica fotoluminescente o illuminazione di emergenza).

Sempre per questioni connesse alle prescrizioni della sicurezza, durante lo svolgimento di tutte le attività lavorative gli operai dovranno utilizzare e/o indossare appositi dispositivi di protezione individuale (D.P.I), individuati per garantire la protezione dai rischi connessi alle mansioni che essi stessi svolgeranno, così come previsto dall'art. 74 comma 1 e art. 75 del D. Lgs. 81/08 [4].

In particolar modo i lavoratori dovranno essere muniti di:

- scarpe antinfortunistica;
- casco di sicurezza con elevata resistenza agli urti, costruiti in ABS;
- tappi acustici ultra-tech di concezione avanzata che permettono di migliorare la qualità del suono percepito da una voce umana se indossati;
- mascherina di protezione da polveri tossiche con capacità filtrante P3;
- tuta intera monouso per la protezione contro le polveri di amianto in Tyvek PROTECH "C" di categoria 3.

Oltre ai DPI che i lavoratori dovranno utilizzare e/o indossare per svolgere tutte le attività previste nel piano di indagini, all'interno dei capannoni caratterizzati da pannelli di copertura poco stabili dal punto di vista strutturale, sarà installata una tettoia metallica. Tale tettoia permetterà di proteggere gli addetti ai lavori dal rischio di caduta di materiale dall'alto che potrebbe eventualmente presentarsi durante l'esecuzione dei sondaggi interni ai capannoni. Infatti, le vibrazioni connesse al funzionamento della macchina trivellatrice potrebbero provocare eventuali distaccamenti totali o parziali dei pannelli di copertura del capannone, poco stabili dal punto di vista strutturale, ed è per questo motivo che durante il funzionamento di tale macchina i lavoratori dovranno proteggersi al di sotto della tettoia di protezione ap-

positamente installata, al fine di tutelare la loro incolumità dal rischio di caduta di materiale dall'alto.

La tettoia metallica prevista sarà costituita da una struttura metallica zincata a freddo, con copertura in lamiera grecata in alluminio.

La struttura metallica, dell'altezza di 2,67 metri e base di 2,2 x 3,02 metri sarà realizzata con profilati di acciaio S 235 JR (Fe 360 B), sarà ancorata al pavimento mediante base di fissaggio e viti a testa esagonale e possiederà le caratteristiche riportate nella tabella sottostante (Figura 5).



| <b>Dimensioni</b> | <b>[m]</b> |
|-------------------|------------|
| Larghezza         | 2,20       |
| Lunghezza         | 3,02       |
| Altezza           | 2,67       |

**Fig. 5** – *Tettoia di protezione lavoratori durante le operazioni di esecuzione sondaggio*

Sempre per garantire le condizioni di sicurezza dei lavoratori, si procederà infine a delimitare opportunamente le cavità presenti sul pavimento dei capannoni, in prossimità dei punti di esecuzione dei sondaggi, mediante recinzione di sicurezza di elevata resistenza, di basso ingombro, leggera e facile da manipolare, costruita in polietilene durevole ad alta densità semi rigida, alta 1,00 m, fissata su colonnine porta recinzione di colore arancione, costituite da robusto tubo in acciaio e base per una maggiore stabilità.

### **3. Conclusioni**

Una pianificazione accurata e scrupolosa del Piano di Indagini di Caratterizzazione consente di scegliere accuratamente l'ubicazione dei sondaggi geognostici da eseguire all'interno di capannoni industriali di dubbia stabilità strutturale a causa della dismissione e abbandono, garantendo l'adempimento dei criteri sulla sicurezza sul lavoro delle normative vigenti.

La scelta ponderata di dove ubicare i sondaggi geognostici ha permesso di rispettare i criteri generali di sicurezze per le vie di esodo contenuti nel D.M. 10/03/98 [5] e di scongiurare il rischio di potenziale caduta di materiale dall'alto che potrebbe presentarsi a causa di eventuali totali o parziali distaccamenti dei pannelli di copertura dei capannoni.

### **Bibliografia**

- [1] **D.lgs. n. 152 del 3/04/2006 e s.m.i.**, Parte Quarta “*Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati*” - Titolo V “*Bonifica di siti contaminati*”.
- [2] **Adempimenti CdS del 17/09/2015: Piano delle Indagini di Caratterizzazione area interna capannoni ex AFP** - Bonifica delle “*Ex Acciaierie e Ferriere Pugliesi*” in area ricompresa in Lama Castello.
- [3] **Manuale APAT (ora ISPRA) 43/2006** - “*Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati*”.
- [4] **D.lgs. n. 81 del 9/04/2008** - *Testo unico sulla sicurezza*.
- [5] **D.M. del 10 marzo 1998** – *Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenze nei luoghi di lavoro*.

# Bonifica, messa in sicurezza d'emergenza e ripristino ambientale di siti contaminati: caso applicativo dell'area naturale "Lama Castello"

*Antonella Lomoro [alomoro@eco-logicasrl.it](mailto:alomoro@eco-logicasrl.it), Angela Addante, Massimo Guido, Patrizia Pagone, Simona Rigante, Eco-logica srl, Bari  
Cesare Trematore, Daniele Carrieri, Comune di Giovinazzo (BA)*

## **Riassunto**

*Tra le lame che interessano il Comune di Giovinazzo, Lama Castello è l'unica che presenta significativi caratteri idraulici e morfologici, nonché vegetazionali. Tuttavia, l'assetto originario del sito è stato obliterato dalle attività incontrollate dell'uomo con la conseguente formazione di degrado ambientale.*

*L'intervento di messa in sicurezza di emergenza (MISE) presentato in questo articolo mostra come la bonifica e il ripristino ambientale possano rappresentare strumenti per la ricucitura del territorio. Le operazioni di caratterizzazione e rimozione del materiale incongruo permetteranno di raggiungere il piano originario della lama; le attività di rinaturalizzazione consentiranno il ripristino della naturalità dell'alveo, permettendo la restituzione del corridoio ecologico di Lama Castello al territorio circostante.*

## **Summary**

*Among the environmental components in the municipality of Giovinazzo, Lama Castello is the only one that has significant hydraulic and morphological properties, as well as vegetation. However, the original layout of the site was modified by uncontrolled human activities; the outcome is an environmental degradation.*

*The intervention of emergency safety (MISE), which is presented in this paper, shows how a territory can be mended thanks to operations of remediation and environmental restoration. The characterization and removal of incongruous material will allow to achieve the original plan of the Lama; the process of re-naturalising will regenerate the area of Lama Castello and create a green course connecting the surrounding area.*

## **1. Introduzione**

Lama Castello attraversa l'abitato di Giovinazzo, sviluppandosi per una lunghezza di circa 4,5 km dalla linea di costa, ed ospita strade ed edifici nella parte terminale dell'alveo. L'attuale configurazione dell'area oggetto di intervento è il risultato di una serie di modificazioni avvenute negli anni a seguito dell'utilizzo dell'alveo come discarica per le scorie di lavorazione delle ex Acciaierie adiacenti.

Sotto il profilo paesaggistico e morfologico la lama è classificata quasi interamente come zona

per attività produttive primarie ed è caratterizzata da fondo piatto e fianchi che raggiungono inclinazioni fino a 30° - 40°. L'area a monte dell'area d'intervento si caratterizza per la presenza di aree di scarpata rocciosa e terrazzamenti, prevalentemente ricoperti da colture arboree in abbandono e oggetto di ricolonizzazione da parte della vegetazione spontanea. Di particolare interesse risulta la comunità erbacea presente nell'alveo che, a seguito del protratto periodo di abbandono colturale, appare strutturata in un mosaico dinamico di formazioni semi-naturali. Nel rispetto delle normative vigenti sulla bonifica di suoli contaminati, l'intervento di messa in sicurezza d'emergenza ha previsto attività che comportano la caratterizzazione del rifiuto e la sua rimozione. Data la complessità e l'estensione complessiva del luogo, le attività di rimozione del materiale sono state suddivise temporalmente e spazialmente in due lotti funzionali distinti. Il Lotto I ha compreso la rimozione di parte del materiale abbancato, il Lotto II comprende la rimozione del materiale abbancato non ancora rimosso rimasto, seguita dal ripristino morfologico e dalla rinaturalizzazione dell'intera lama attraverso tecniche di ingegneria naturalistica.

## 2. Relazione

### 2.1 Caratterizzazione, analisi del materiale e controllo qualità

La loppa d'altoforno accumulata nell'area della Lama ha nel tempo modificato la naturalità dell'alveo (Fig. 1).

In base alle informazioni acquisite dai sopralluoghi e dai sondaggi diretti eseguiti nell'area si è proceduto alla stima del volume di materiale abbancato. È stata inoltre eseguita una foto interpretazione di cartografie storiche dell'area, che hanno permesso la ricostruzione del profilo morfologico originale della lama.



**Fig. 1** – Lama Castello e l'evoluzione del deposito del materiale nelle foto storiche del 1954 (a), 1974 (b) e 2003 (c).

Dallo studio è emerso un volume di materiale abbancato di circa 25.535,24 m<sup>3</sup> ed esteso su una superficie complessiva di circa 10.988,67 m<sup>2</sup>.

L'operazione di raccolta del materiale è preceduta dall'attività di ricognizione dell'area e di caratterizzazione dei cumuli ai fini del recupero e/o smaltimento in discarica o impianto autorizzato, secondo quanto regolamentato dal DM 27.09.2010 [1].

Le operazioni di prelievo, preparazione ed analisi del rifiuto, effettuate secondo le procedure descritte dalla norma UNI 10802:2004 [2], hanno consentito di effettuare la caratterizzazione di base. Il materiale estratto mediante n.2 campioni rappresentativi è stato classificato come rifiuto non pericoloso ai sensi del D.Lgs. 152/2006 [3].

Dalle attività di caratterizzazione svolte nell'ambito del Lotto I è emerso che la quasi totalità del materiale abbancato è costituita da loppa d'altoforno, classificata col codice CER 10 09 03 "Scorie di fusione". Altri rifiuti sono classificati nella Tab. 1.

| Codice CER | Descrizione  |
|------------|--|
| 10 09 03   | Scorie di fusione  |
| 17 05 04   | Terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 170503  |
| 17 09 04   | Altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 170901, 170902 e 170903 |
| 20 02 01   | Rifiuti biodegradabili   |

**Tab. 1** – Caratterizzazione dei cumuli di rifiuti presenti nell'area della Lama

### 2.2 Rimozione della loppa

La rimozione del materiale deve tendere al raggiungimento del piano originario della morfologia naturale della lama, perciò le operazioni di scavo dovranno porre particolare attenzione a non spingersi al di sotto del suolo roccioso originario.

L'esecuzione dei lavori del Lotto I ha permesso di appianare almeno parzialmente le quote dell'alveo, riducendo la pendenza della scarpata sinistra. Nel corso dei lavori del Lotto I, infatti, è stata rimossa dal letto della Lama solo una parte del volume abbancato (complessivamente 13.216,28 m<sup>3</sup>). Per la rimozione della loppa in area Lotto II, si prevede di procedere secondo le stesse modalità: le operazioni di scavo saranno eseguite per step successivi, procedendo per strati paralleli e con un'inclinazione del fronte di scavo di 45° fino a raggiungere la quota del "piano antico". In corrispondenza del confine con l'area ex AFP (lato ovest) è stato previsto un franco di sicurezza pari a 2 m per evitare di intaccare la stabilità del muro di confine che separa l'area di intervento da quella dell'ex impianto siderurgico.

Il materiale raccolto sarà prevalentemente recuperato se a seguito delle analisi di caratterizzazione specifiche risulterà conforme ai limiti fissati nel D.M. del 5 febbraio 1998 [4]. Analogamente se il materiale risulta non recuperabile, lo smaltimento finale avverrà presso discariche per rifiuti pericolosi o non pericolosi [1].

Si stima che il 60% del materiale sarà riutilizzato ed inviato a recupero, mentre il 40% sarà destinato a smaltimento presso impianto autorizzato.

Durante le operazioni di scavo del materiale saranno comunque rispettate le misure preventive e protettive atte a preservare la sicurezza dei lavoratori e della popolazione limitrofa. Si limiterà l'eventuale diffusione delle polveri con un sistema di abbattimento polveri con generatore di aerosol ventilato; verrà inoltre effettuato un monitoraggio al fine di verificare la massima concentrazione di particolato in aria.

### 2.3 Caratterizzazione matrici ambientali

Successivamente alle operazioni di rimozione dei rifiuti si prevede il campionamento delle matrici ambientali esteso non solo all'area di rimozione, ma all'intera area di rinaturalizzazione, funzionale alla valutazione dello stato dei luoghi e preliminare allo svolgimento degli interventi di ripristino morfologico e rinaturalizzazione dell'area.

A tal fine, saranno monitorate le caratteristiche fisico-chimiche del suolo al fine di definirne lo stato di contaminazione [3].

Saranno eseguiti n. 4 sondaggi geognostici ad una profondità di circa 3 m dal p.c. o ad una profondità inferiore qualora si raggiungesse il substrato calcareo compatto, con perforazione ad andamento verticale a rotazione a carotaggio continuo.

Nel corso delle analisi già effettuate si è proceduto all'installazione di due piezometri nell'area interessata. Le indagini integrative sul Lotto II prevedono il prelievo di ulteriori due campioni di falda dai piezometri esistenti, al fine di misurare il livello statico della falda, segnalare l'eventuale presenza di sostanze non miscibili con l'acqua (surnatante) e valutare il flusso di falda.

#### 2.4 Ripristino morfologico e rinaturalizzazione

Gli interventi di ripristino morfologico sono finalizzati a ricostituire le caratteristiche morfologiche e paesaggistiche della lama e sono preliminari alle fasi di rinaturalizzazione dell'area, finalizzati a favorire la colonizzazione naturale da parte della vegetazione semi-naturale tipica di Lama Castello. In particolare, gli interventi di rinaturalizzazione saranno effettuati attraverso tecniche di ingegneria naturalistica, seguendo le linee guida della Regione Puglia [5] e dell'ISPRA [6].

Il ripristino della naturalità della lama sarà effettuato all'interno dell'area di rimozione e sul terrazzamento adiacente alla pineta (Fig. 2) e consisterà nella:

- sistemazione delle scarpate, interessate dalla rimozione della loppa e degli elementi in muratura, attraverso la posa di terra armata;
- posa e livellamento di terreno vegetale in alveo, al di sopra del piano roccioso originario, ponendo particolare cura al riempimento degli anfratti e degli avvallamenti del piano roccioso;
- semina con fiorume di specie erbacee nell'alveo;
- idrosemina in spessore delle aree di versante;
- impianto di arbusti autoctoni nella porzione superiore del versante sinistro.

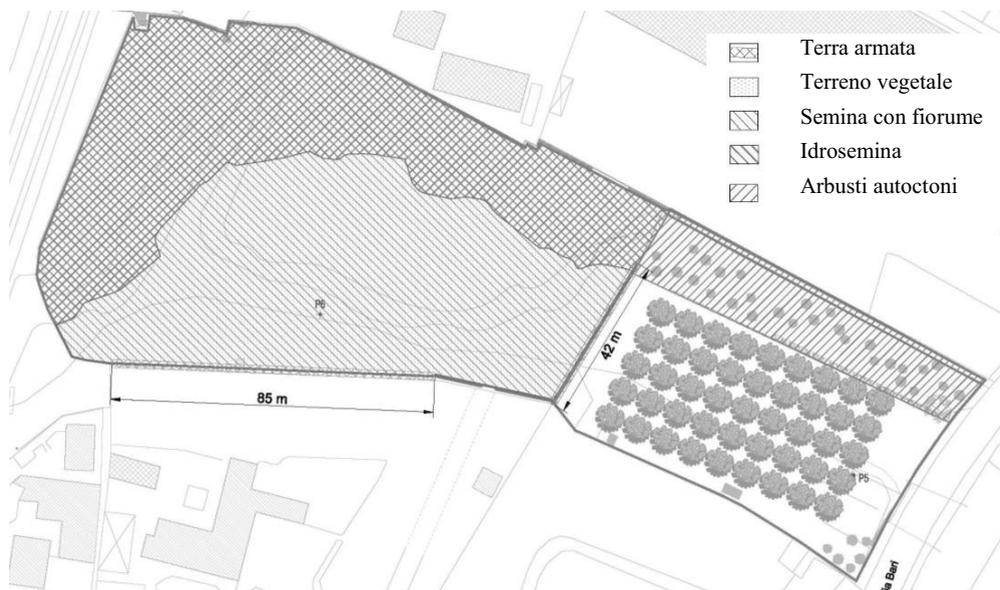
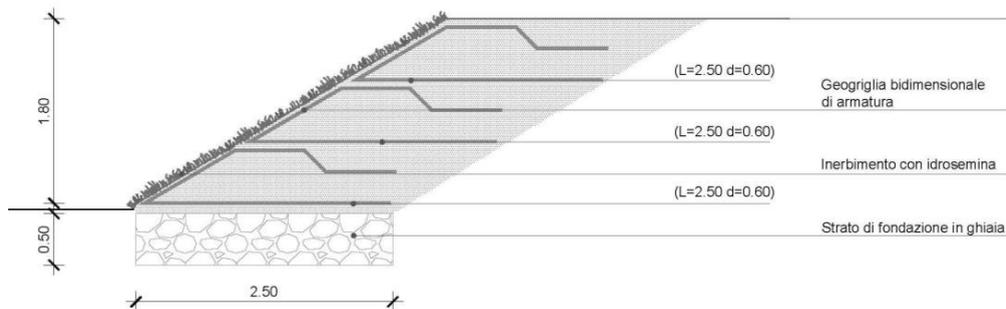


Fig. 2 – Individuazione degli interventi di ripristino e rinaturalizzazione

Al fine di garantire la protezione dei versanti dall'erosione dovuta alla pioggia e al passaggio delle piene, le aree di scarpata saranno quindi rimodellate mediante la sovrapposizione di strati alternati di terreno da rilevato e geogriglie, successivamente inverdite mediante idrosemina in spessore di specie erbacee (Fig. 3)



**Fig. 3** – Particolare terra armata rinverdita tramite idrosemina

Sarà quindi depositato uno strato omogeneo di terreno sul substrato della porzione di alveo interessata dai lavori di rimozione. Il terreno adoperato dovrà presentare caratteristiche analoghe a quello preesistente nell'area, costituito da depositi argillosi-limosi. Il nuovo orizzonte di suolo sarà quindi livellato e bagnato con il fine di accelerarne la stabilizzazione e ridurre la dispersione delle particelle più fini.

Nell'area di alveo interessata dalla rimozione dei rifiuti, periodicamente soggetta a fenomeni di piena, si esclude l'impianto di essenze arboree ed arbustive, limitando l'intervento al ripristino della vegetazione erbacea tramite semina di fiorume.

Questa tecnica consiste nel prelievo di materiale vegetale di propagazione presente nel tratto di lama a monte della linea ferroviaria. La successiva dispersione delle particelle nell'area da rinaturalizzare permette di promuovere la formazione di uno strato erbaceo conforme alle caratteristiche botaniche dell'area.

Per la rinaturalizzazione dei pendii si prevede la semina diretta di specie erbacee mediante la tecnica dell'idrosemina in spessore. Questa tecnica consiste nell'irrorare la superficie, in un'unica soluzione, con una miscela di semi, acqua, fertilizzanti, colloidali naturali e fibre vegetali. Il minore impatto sulla scabrosità della superficie nuda è funzionale a esaltare il più possibile i processi naturali di rinverdimento dei fronti esposti. Le specie arbustive selezionate per la rinaturalizzazione delle aree di pendio (lentisco, coronilla, alaterno e viburno) possiedono fusti flessibili e apparato radicale profondo, resistente agli eventuali smottamenti indotti dallo scorrimento delle acque.

Successivamente si procederà all'impianto di esemplari di specie arbustive in aree idonee del pendio occidentale e sul terrazzamento adiacente alla pineta. A tal fine, si prevede l'impiego di specie caratteristiche della vegetazione di macchia a sclerofille sempreverdi presente in altre porzioni di Lama Castello.

Come mostra la Fig. 4, le attività di bonifica e ripristino ambientale consentiranno di recuperare la conformazione originaria di Lama Castello.



**Fig. 4** – Planimetria dello stato dei luoghi prima dei lavori (a) e nella simulazione delle fasi successive agli interventi di ripristino morfologico (b) e di rinaturalizzazione (c).

### 3. Conclusioni

La presenza di aree inquinate all'interno di una città, spesso in stato di degrado e abbandonate, può rappresentare un grande elemento di discontinuità per lo sviluppo urbano. Le attività di messa in sicurezza di emergenza descritte evidenziano come sia possibile far fronte all'emergenza di bonifica di tali siti e al tempo stesso salvaguardare la qualità ambientale. La bonifica e il ripristino morfologico di aree naturali inquinate consente di ricucire il territorio e ristabilire l'assetto caratteristico del sito. L'intervento di bonifica ambientale va inteso non solo come rimozione delle matrici inquinate ma anche come innesco e facilitazione di processi naturali di ricolonizzazione dei suoli bonificati che contribuiscono a migliorare le funzionalità ecologiche dei luoghi.

### Bibliografia

- [1] **D.M. 27 settembre 2010** - *Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 3 agosto 2005
- [2] **Norma UNI 10802:2004** - *Rifiuti liquidi, granulari, pastosi, fanghi. Campionamento manuale e preparazione e analisi degli eluati*
- [3] **D.lgs. n. 152 del 3/04/2006 e s.m.i.**, Parte Quarta "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati" - Titolo V "Bonifica di siti contaminati".
- [4] **D.M. del 5 febbraio 1998** - *Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22*
- [5] **Regione Puglia** - *Linee guida e criteri per la progettazione opere di ingegneria naturalistica*
- [6] **ISPRA (ex APAT)** – *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*

# Desorbimento Termico in situ

*Stefano Micheli [stefano.micheli@petroltecnica.it](mailto:stefano.micheli@petroltecnica.it)  
Michel Benedettini [michel.benedettini@petroltecnica.it](mailto:michel.benedettini@petroltecnica.it)  
Petroltecnica Spa - Cerasolo Ausa di Coriano (RN)*

## **Riassunto**

*Il Desorbimento Termico (DT) è una tecnica di bonifica che consente la rimozione di una grande varietà di contaminanti attraverso la volatilizzazione di VOC e s-VOC per mezzo dell'aumento della temperatura del terreno.*

*Petroltecnica sta sviluppando il DT utilizzando resistenze elettriche, alloggiate in tubazioni dedicate, posizionate nell'area da trattare. L'energia fornita scalda il terreno mediante i processi di conduzione e convezione termica; all'aumentare della temperatura dei tubi riscaldanti (circa 650 °C) il calore si diffonde mediante gradienti di temperatura, propagandosi in tutta la zona da trattare per il tempo necessario. Tale operazione favorisce il trasporto dei contaminanti volatilizzati attraverso l'aumento della permeabilità del sottosuolo, rendendo il DT efficace in presenza anche di materiali fini. I vapori estratti vengono poi convogliati a sistemi di trattamento.*

*Applicazioni localizzate hanno dimostrato l'efficacia del trattamento con tassi di rimozione prossimi al 100%.*

## **Summary**

*The Thermal Desorption (DT) is a remediation technique that allows the removal of a large variety of contaminants through the volatilization of VOC and VOC-s by means of the increase of the temperature of the ground.*

*Petroltecnica is developing DT using electric heating elements, housed in dedicated pipes, positioned in the area to be treated. The supplied energy warms the ground by the thermal convection and conduction processes; increasing the temperature of the heating pipes (about 650 °C) heat diffuses through gradients of temperature, propagating in the entire area to be treated for the time necessary. This operation facilitates the transport of the contaminants volatilized by increasing the permeability of the subsoil, making the DT effective even in the presence of fine materials. The extracted vapors are then conveyed to the treatment systems.*

*Localized applications have demonstrated the efficacy of treatment with removal rates close to 100%.*

## **1. Introduzione**

Il Desorbimento Termico in Situ è una tecnologia di bonifica che consiste nell'aumentare la temperatura del suolo al fine di promuovere la volatilizzazione di contaminanti volatili e semivolatili e consentire la loro captazione mediante sistemi di estrazione tradizionali, tipo Soil Vapor Extraction.

Il riscaldamento del suolo avviene mediante gradienti di temperatura creati da tubi riscaldanti infissi nel sottosuolo, verticalmente o orizzontalmente, e consente l'estrazione di composti che a temperatura ambiente risultano difficilmente volatilizzabili; una volta estratti, i vapori devono essere trattati on-site con idonei sistemi di trattamento. Inoltre, il riscaldamento del

terreno provoca, oltre alla volatilizzazione, altri fenomeni ossidativi e degradativi in situ, diminuendo il carico di contaminanti estratti a carico dei sistemi di trattamento [1].

L'energia fornita riscalda il terreno, l'acqua e i contaminanti in esso contenuti mediante i processi di conduzione e convezione termica, in maniera piuttosto uniforme sia orizzontalmente che verticalmente. All'aumentare della temperatura dei tubi riscaldanti (fino a circa 650 °C) il calore si diffonde attraverso il terreno mediante gradienti di temperatura sempre più elevati. Il fronte di calore si propaga in tutta la zona di trattamento man mano che si ha la vaporizzazione dell'acqua e dei contaminanti contenuti nel terreno.

Il trasporto dei contaminanti volatilizzati verso i pozzi di estrazione viene migliorato dalla creazione di una permeabilità maggiore, risultante dalla vaporizzazione dell'acqua presente e il conseguente essiccamento e restringimento del terreno. In tal modo il sistema è efficace anche in presenza di materiali fini (limo e argilla), che per le loro caratteristiche naturali presentano una permeabilità ridotta [2].

L'area di trattamento deve essere isolata in superficie al fine di ottimizzare l'estrazione dei contaminanti mediante il sistema di Soil Vapor Extraction e garantire al tempo stesso che tutti i vapori liberati vengano catturati. Tale isolamento permette inoltre di ridurre le perdite di calore dalla superficie e proteggere la zona di trattamento dall'infiltrazione delle acque meteoriche.

Diversi studi di laboratorio e applicazioni in campo [3, 4, 5] hanno dimostrato l'efficacia di trattamento di una molteplice varietà di contaminanti (idrocarburi leggeri e pesanti, solventi clorurati, pesticidi, IPA, PCB) che possono essere rimossi con efficienze molto elevate (prossime al 100%) in quanto l'intera zona di trattamento può essere riscaldata fino a temperature elevate per diversi giorni.

## **2. Disegno sperimentale**

Le sorgenti di energia utilizzate per realizzare il riscaldamento del terreno possono essere di diverso tipo:

- resistenze elettriche;
- radiofrequenze elettromagnetiche;
- iniezione di aria calda o vapore.

Petroltecnica sta sviluppando la tecnologia utilizzando resistenze elettriche posizionate nell'area da trattare, alloggiata all'interno di apposite tubazioni infisse nel terreno oggetto della bonifica.

Lo sviluppo della tecnologia ha portato alla definizione di un campo prova sperimentale in un'area adibita alla distribuzione di carburanti, attualmente dismessa.

Su tale area è stato attivo per alcuni anni un sistema di bonifica tradizionale di tipo Soil Vapor Extraction, che ha portato alla rimozione di buona parte della contaminazione; tuttavia permangono eccedenze rispetto agli obiettivi di bonifica (CSC residenziali) per idrocarburi pesanti ( $C>12$ ).

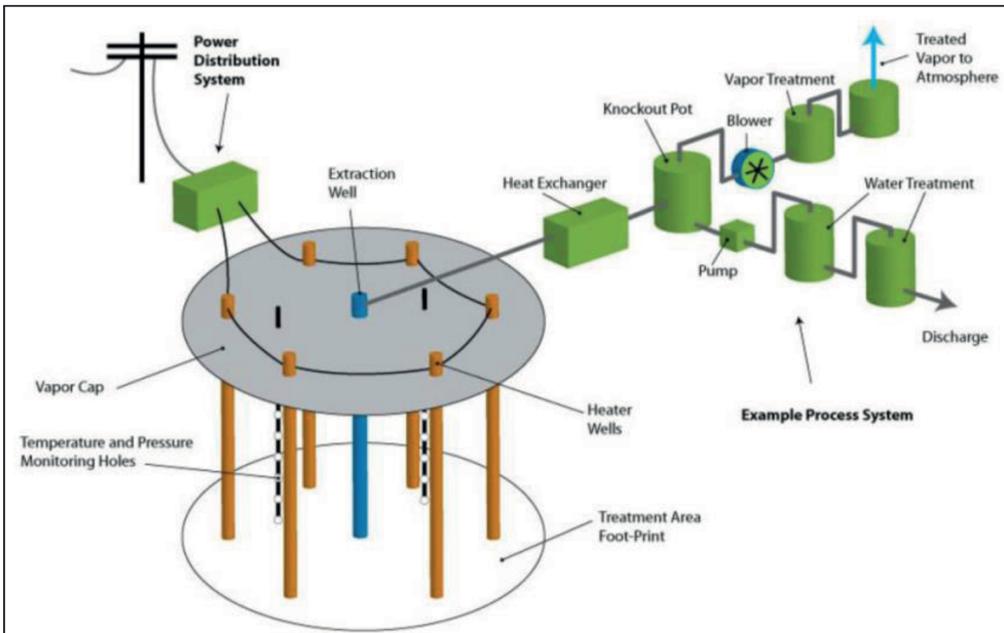


Fig. 1 – Disegno sperimentale del Desorbimento Termico In Situ [6]

### 3. Caratteristiche ambientali dell'area

#### 3.1 Ubicazione

Zona collinare in contesto urbano residenziale, caratterizzato dalla contestuale presenza di attività commerciali, terziarie e unità abitative.

#### 3.2 Sottosuolo

Il sottosuolo del sito è composto principalmente da una successione stratigrafica di terreni fini (limi ed argille) fino alla profondità di circa 9,0 m da p.c., mentre a partire da 9,0 m fino a circa 16,0 m vi è la presenza di ghiaie in matrice sabbiosa.

#### 3.3 Falda idrica

Di tipo freatico (soggiacenza 13,5 m dal p.c. circa) con escursione stagionale media di circa  $\pm 1$  m.

### 4. Caratteristiche della contaminazione

- Contaminazione adsorbita al terreno insaturo all'interno del sito estesa per circa 30 m<sup>2</sup>
- Contaminazione nei terreni insaturi distribuita verticalmente da circa 2,5 m a circa 13,5 m da p.c., prevalentemente costituita da idrocarburi pesanti di origine petrolifera (C>12).
- Acque non contaminate.

### 5. Dimensionamento dell'intervento di bonifica dell'area

Il dimensionamento del sistema di Desorbimento Termico in Situ, è stato definito sulla base dei numerosi case histories presenti in letteratura a livello internazionale [7], sulla base di informazioni sito specifiche individuate in fase di caratterizzazione e sulle pregresse esperienze dirette della scrivente [8] in termini di applicazioni di desorbimento termico in sito.

In considerazione dello spessore oggetto di trattamento (circa 11,0 m) e dei limiti tecnici costruttivi delle resistenze elettriche (lunghezza massima 5,5 m), la bonifica mediante Desorbimento Termico è stata progettata suddividendo l'orizzonte da trattare in n.2 livelli:

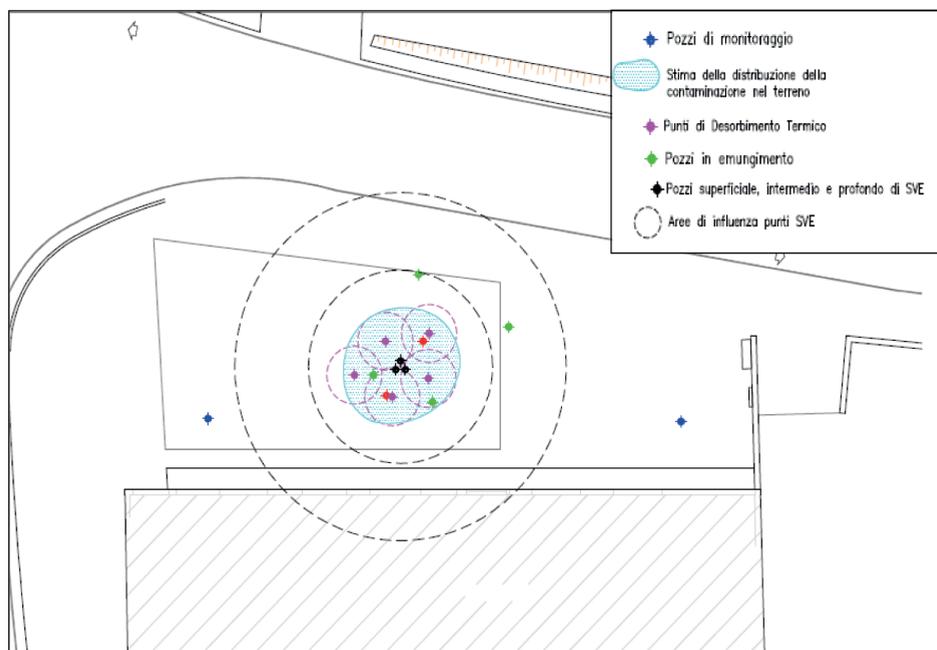
- il primo strato compreso tra 8,0 m e 13,5 m da p.c.;
- il secondo strato compreso tra 2,5 m e 8,0 m da p.c..

L'applicazione della tecnologia avviene per step successivi, intervenendo dapprima sullo strato profondo e successivamente su quello più superficiale.

Il sistema di Desorbimento Termico, nella configurazione di progetto, prevede di utilizzare per ogni livello n.5 tubi riscaldanti, aventi ciascuno un raggio d'influenza (ROI) definito in maniera cautelativa di circa 1,5 m.

I tubi riscaldanti sono costituiti da tubazioni cieche in acciaio del diametro di circa 6", al cui interno sono posizionate le resistenze elettriche, installati tramite perforazioni a distruzione di nucleo alle profondità previste per ogni fase della bonifica.

Il sistema di bonifica viene completato mediante la posa di n.3 punti di estrazione vapori, fessurati a differenti quote da p.c. per permettere un'efficiente cattura dei vapori volatilizzati e dall'installazione di n.4 pozzi di emungimento che garantiranno il mantenimento dei livelli di falda al di sotto di 14,0 m da p.c.



**Fig. 2** – Configurazione dell'impianto di bonifica

## 6. Installazione sistema

Allo stato attuale è in fase di installazione il sistema di Desorbimento Termico, composto dalle seguenti apparecchiature:

- tubi riscaldanti in acciaio e relative resistenze elettriche;
- termocoppie per il monitoraggio delle temperature;
- quadri elettrici certificati di comando e controllo;
- impianto elettrico certificato;
- isolamento termico di superficie.



**Fig. 3** – Fasi dell'installazione del sistema

### **7. Monitoraggio e verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica**

Durante tutto il processo di riscaldamento saranno monitorate le temperature dei tubi riscaldanti e le temperature nelle aree di influenza mediante apposite termocoppie installate nel terreno. In tal modo sarà possibile ottimizzare il processo di riscaldamento nelle diverse zone di trattamento ed i relativi consumi energetici, garantendo al tempo stesso il raggiungimento delle temperature necessarie alla volatilizzazione dei contaminanti presenti.

Al termine del periodo di trattamento, previsto in circa 6 mesi, saranno eseguiti dei sondaggi di collaudo per la verifica dell'efficacia del sistema e del raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

### **8. Conclusioni**

La tecnologia che Petroltecnica sta sviluppando e testando in situ, è una tecnologia innovativa che permette di ottenere il raggiungimento di obiettivi di bonifica in tempi relativamente brevi rispetto ad altre metodologie di intervento di tipo tradizionale. Consente il trattamento di una molteplice varietà di contaminanti (idrocarburi leggeri e pesanti, solventi clorurati, pesticidi, IPA, PCB) che possono essere rimossi con efficienze molto elevate, necessarie per il raggiungimento dei limiti di bonifica in zone ad uso verde pubblico, privato e residenziale e comunque in contesti antropizzati con limitazioni logistiche talvolta non trascurabili.

I costi di bonifica risultano inferiori a quelli di un intervento molto più invasivo come ad esempio il Dig & Dump, tecnicamente poco praticabile nell'ambito di situazioni particolari dove possono essere necessarie opere provvisorie per possibili interferenze con strutture esistenti.

### **Bibliografia**

- [1] **Cao G., Concas A., Muntoni A., Grosso B.**, “Nuove tecnologie per la bonifica e il ripristino ambientale di siti contaminati - Relazione sull'attività svolta nell'ambito dell'Obiettivo Realizzativo 1 (OR1)” PON Ricerca Scientifica, Sviluppo Tecnologico, Alta Formazione 2000-2006;
- [2] **Viviani G.**, “Bonifica di siti contaminati” Università degli studi di Palermo, Facoltà di Ingegneria, Corso di laurea magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, 2011;
- [3] **Faurbye M., Jensen M., Ruge K., Nielsen S.G., Heron G., Baker R.S., Johansen, P., Tolstrup Karlby**

- L., “Thermal in-situ remediation – a sustainable choice” Green Remediation Conference, Copenhagen 2009;
- [4] **Heron G., LaChance J., Bierschenk J., Parker K., Vinci S., Woodmansee R., Schneider J.**, “Combining Thermal Treatment with MNA at a Brownfield DNAPL Site.” Paper E-024, in K.A. Fields and G.B. Wickramanayake (Chairs), *Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds - 2010*. Seventh International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds (Monterey, CA; May 2010). Battelle Memorial Institute, Columbus, OH 2010;
- [5] Heron G., R. Baker, J. LaChance, A. Kirketerp Friis, „Using Heat to Accelerate Remediation“. Paper D-23, in: B.C. Alleman and M.E. Kelley (Eds.), *In Situ and On-Site Bioremediation. Proceedings of the Eighth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium* (Baltimore, Maryland; June 6-9). ISBN 1-57477-152-3, Battelle Press, Columbus, OH, [www.battelle.org/bookstore](http://www.battelle.org/bookstore) 2005;
- [6] “Statement of Qualifications for Designing, Building, and Operating In Situ Thermal Remediation Projects”, Terratherm 2013;
- [7] **Swift, R., G. Crisp, G. Heron, T. Mahoney, J. Bierschenk, T. Armstrong and M. Kominek**, 2012. “Three Logical Steps of Thermal Treatment (Treatability Study, Pilot Study, Full Scale Implementation).” Paper 472, in *Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds - 2012*. Eighth International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds (Monterey, CA; May 2012). Battelle Memorial Institute, Columbus, OH;
- [8] **Di Nauta S., Minarini G., Passarino S., Criscione P.**, “Bonifica mediante desorbimento termico di un sito contaminato da idrocarburi”, Ecomondo 2012.

# Bonifica circolare per le acque sotterranee priva di scarichi idrici

*Claudia B. Mosangini cm@ecosurvey.it, Rossella Vitelli, Marco Pagano  
Ecosurvey®, Bologna (Italia)*

## Riassunto

*Applicazione di una soluzione di “Green & Sustainable Remediation” in un sito industriale dismesso, con variazione ad uso privato e residenziale, contaminato per le matrici suolo, sottosuolo ed acque sotterranee da idrocarburi aromatici, idrocarburi totali ed MTBE e abbandonato da 13 anni a causa di costi eccessivi di bonifica. La soluzione di Messa in Sicurezza Permanente sito-specifica proposta mediante ricircolo delle acque sotterranee ha consentito l'approvazione di un progetto di bonifica compatibile con la contestuale edificazione di un fabbricato di civile abitazione.*

## Summary

*Application of a solution of “Green & Sustainable Remediation” in an abandoned industrial site, with private residential use, with soil and groundwater contaminated by aromatic hydrocarbons, total hydrocarbons and MTBE. The site was neglected for 13 years because excessive reclamation costs. The remediation by recirculation of groundwater has enabled the approval of the remediation project compatible with the simultaneous construction of a residential building.*

## 1. Introduzione

In un sito industriale dismesso e abbandonato da 13 anni a causa di costi eccessivi di bonifica è stata applicata una soluzione di “Green & Sustainable Remediation” in conformità alle disposizioni del D.Lgs. 152/06, dalle novità introdotte dalla L. 98/2013 ed in accordo con i principi della “Circular Economy”.

Il sito, situato in provincia di Bologna, risulta contaminato per le matrici suolo, sottosuolo ed acque sotterranee da idrocarburi aromatici, idrocarburi totali ed MTBE. La soluzione di Green Remediation sito-specifica proposta ha consentito, in 10 mesi, l'approvazione delle seguenti attività: nuove indagini di investigazione; analisi di rischio sito specifica e progetto di bonifica circolare per le acque sotterranee privo di scarichi idrici caratterizzato da una trincea drenante, un diaframma impermeabile, un sistema di depurazione delle acque, un pozzo di re iniezione nel sottosuolo del flusso di acqua decontaminato ed un sistema di tele-controllo remoto in tempo reale.

## 2. Relazione

### 2.1 Caratteristiche del sito

Il sito industriale dismesso in esame è ubicato nella zona centrale della Pianura Bolognese in depositi principalmente fini, costituiti da alternanze di sedimenti limosi, sabbiosi e argillosi in proporzioni varie, che dal punto di vista ambientale riflettono depositi di canale fluviale, argine e pianura inondabile. Questi sedimenti appartengono all'unità idrostratigrafica A0, lo

spessore può arrivare fino a 20 metri e la porzione prettamente freatica interessa solamente la parte più alta di questa unità per uno spessore di una decina di metri circa [1].

Oltre quindici anni fa, alla dismissione del sito, sono stati rinvenuti e rimossi serbatoi interrati in precedenza adibiti a stoccaggio di idrocarburi per autotrazione con le procedure della Messa in Sicurezza di Emergenza. Il parco serbatoi interrati, con capacità di oltre 200 tonnellate di idrocarburi, risultava posizionato inferiormente al livello medio delle acque sotterranee: le successive attività di bonifica della sorgente secondaria di contaminazione furono interrotte a causa degli eccessivi costi di bonifica. La destinazione d'uso del sito, da industriale a residenziale, era vincolato alla bonifica del suolo, sottosuolo ed acque sotterranee.

## 2.2 Caratterizzazione, AdR e Messa in Sicurezza Permanente

I primi 10 mesi di attività sono stati focalizzati per il raggiungimento dei seguenti obiettivi, approvati da parte degli enti competenti: (a) nuove indagini di investigazione; (b) analisi di rischio sito specifica; (c) progetto di bonifica per Messa in Sicurezza Permanente.

(a) Le nuove indagini di investigazione hanno consentito di dettagliare le attività pregresse intercorse in sito, ripristinare la rete di monitoraggio ed aggiornare la caratterizzazione del sito. (b) L'analisi di rischio (AdR) ha evidenziato rischi non accettabili per i recettori residenziali (bambino e adulto) in ambiente outdoor e indoor e rischio ambientale per la protezione della risorsa idrica. Gli esiti del calcolo delle Concentrazioni Soglia Rischio (CSR) per il suolo superficiale e profondo in modalità inversa hanno evidenziato criticità per alcuni parametri della famiglia degli idrocarburi. Considerando per la falda sotterranea  $CSC = CSR$  al punto di conformità (POC), si riportano nella seguente tabella gli esiti dell'AdR inversa.

| Parametri            | Concentrazione Rappresentativa della Sorgente di contaminazione (CRS) [mg/l] | Concentrazione Soglia Rischio (CSR) minima tra bambini e adulti [mg/l] | Esito           |
|----------------------|--|--|-----------------|
| Benzene              | 3,50E-01   | 1,00E-03   | Non Accettabile |
| p-Xilene             | 1,97E-01   | 1,00E-02   | Non Accettabile |
| Benzo(a)pirene       | 5,20E-05   | 1,00E-05   | Non Accettabile |
| Benzo(g,h,i)perilene | 4,50E-05   | 1,00E-05   | Non Accettabile |
| Benzo(b)fluorantene  | 1,00E-04   | 1,00E-04   | Non Accettabile |
| Alifatici C5-6       | 1,12E+00   | 3,50E-01   | Non Accettabile |
| MtBE                 | 2,30E+00   | 4,00E-02   | Non Accettabile |

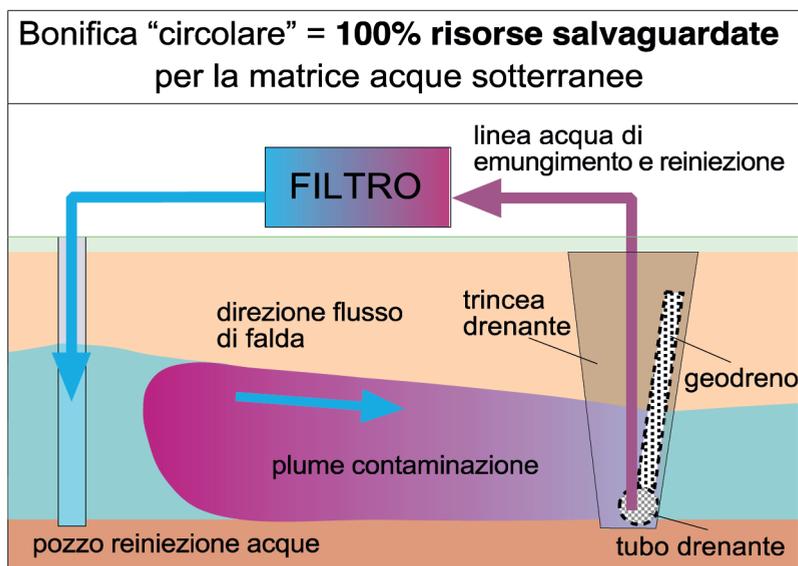
**Tab. 1** – CSR per le acque sotterranee

(c) Il progetto per la Messa in Sicurezza Permanente è stato redatto sulla base degli esiti dall'AdR sito specifica per l'eliminazione del rischio sanitario ed ambientale, per ciascuna delle matrici ambientali di interessate, con l'obiettivo di riportare le concentrazioni anomale sotto le CSR calcolate e garantire le CSC al POC, posto al confine del sito. Il progetto ha esaminato le migliori tecnologie applicabili al sito specifico sulla base dei criteri B.A.T.N.E.E.C. (Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs) considerando che nell'area è prevista l'edificazione di uno stabile residenziale le cui fondazioni saranno a contatto con il sottosuolo.

## 2.3 Intervento di Messa in Sicurezza Permanente

Per le tre matrici ambientali esaminate (suolo superficiale, suolo profondo e acque sotterranee), in considerazione dell'intervento edilizio di riqualificazione dell'area, sono risultate

adeguate le seguenti tre soluzioni tecniche. Per il suolo superficiale è stato esaminato un limitato intervento di rimozione dei terreni che causavano il rischio sanitario, per ingestione ed inalazione, con la conseguente riduzione delle anomalie sotto le CSR. Per il suolo profondo è stato pianificato l'annullamento del percorso di esposizione che causava il rischio di inalazione con misure di isolamento. Per le acque sotterranee è stato progettato un sistema di sbarramento idraulico, che impedisce la possibile migrazione dei contaminanti dissolti in falda, unitamente ad un intervento di depurazione delle acque sotterranee mediante ri-circolazione in falda delle acque depurate con l'obiettivo del raggiungimento delle CSC previste dalla Tabella 2, Allegato 5, Parte IV D.Lgs. 152/2006 al confine del sito. Il sistema di contenimento e ri-circolazione delle acque sotterranee contaminate è costituito da (a) una trincea drenante con un pozzo di recupero, da (b) un sistema di trattamento delle acque mediante unità di depurazione fuori terra e da un sistema di ri-circolazione delle acque depurate mediante re immissione in falda, a monte dell'area contaminata, attraverso (c) un pozzo di re immissione che consente di generare un ciclo chiuso e controllato di depurazione delle acque sotterranee. Il contenimento idraulico della falda soggetta a ri-circolazione nell'area di intervento è garantito da una (d) barriera fisica impermeabile passiva (Fig. 1 e Fig. 3). L'impianto è monitorato in tempo reale tramite un sistema di (e) tele-controllo remoto, da web e smartphone.



**Fig. 1** – Schema dell'intervento di bonifica

(a) La trincea drenante (Fig. 2) è posizionata al perimetro del sito, a valle idraulica del flusso di falda, verticalmente intercetta le argille di base ubicate a 4,5 m dal piano di campagna, e capta il flusso di falda proveniente dal sito contaminato. La trincea è stata realizzata mediante posa in opera di "geocomposito" drenante che garantisce il condizionamento passivo delle acque sotterranee in trincea. Il fronte della trincea sul lato a valle, rispetto al flusso delle acque sotterranee, è stato impermeabilizzato mediante l'accoppiamento con telo impermeabile in HDPE. Il geocomposito infine è dotato di una tasca basale per ospitare il tubo drenante che convoglia le acque intercettate dalla trincea al pozzo di recupero a cui è direttamente connesso.

Il geo-composito drenante è una soluzione innovativa per la realizzazione di trincee, è costituito da una coppia di filtri esterni in tessuto non tessuto termosaldato a filo continuo con interposta una struttura drenante tridimensionale ad elevato indice di vuoto e, in fase costruttiva, permette il recupero di circa il 90% del materiale di scavo estratto per la realizzazione della trincea.

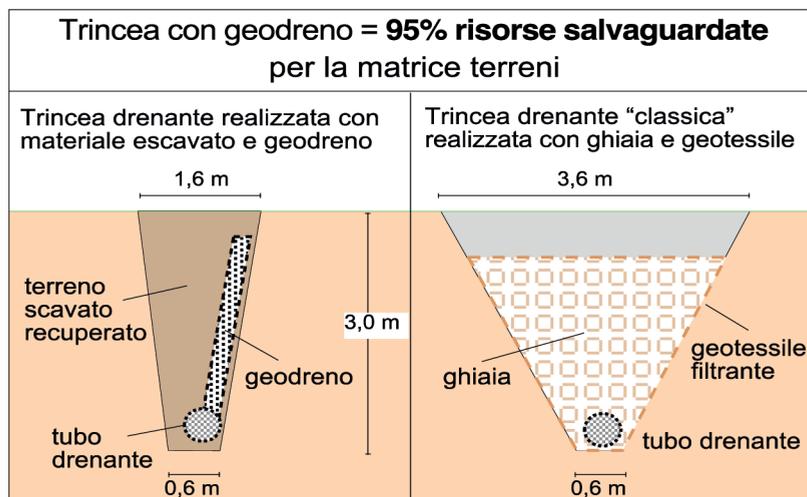
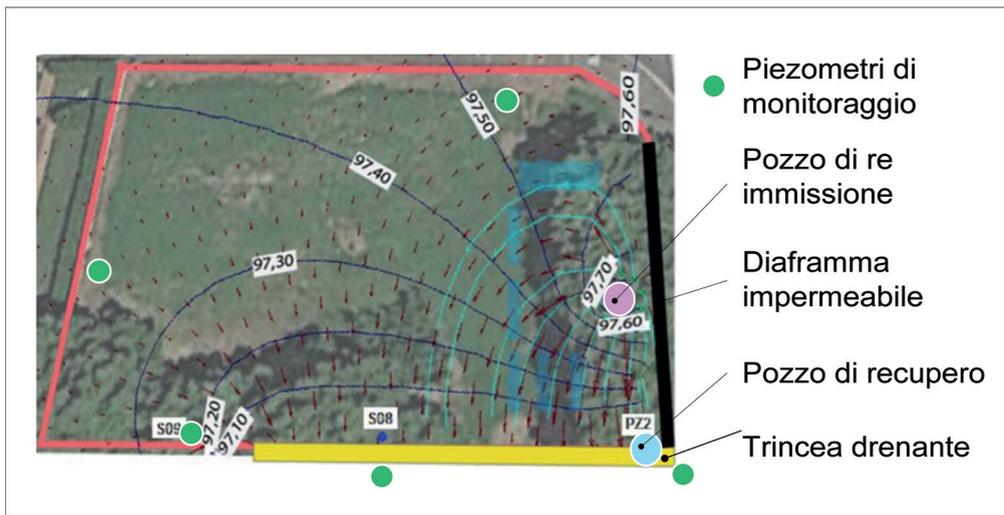


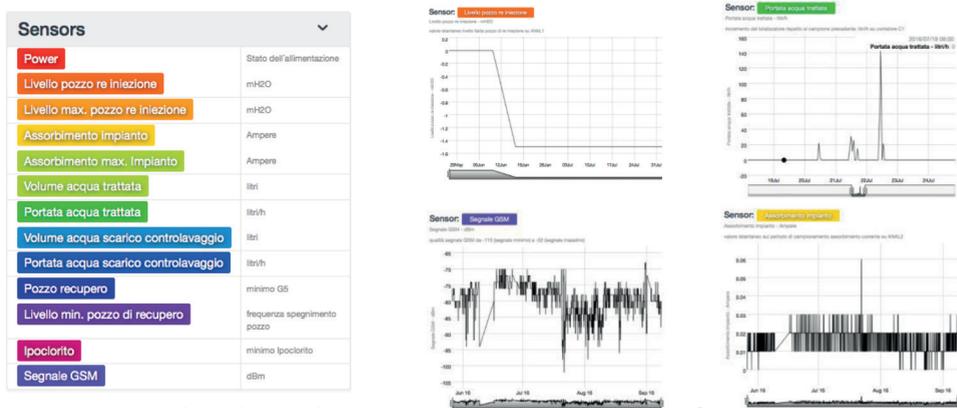
Fig. 2 – Schema della trincea drenante.

(b) Il sistema di trattamento delle acque è in grado di eseguire il trattamento delle acque sotterranee mediante una sequenza di depurazione che prevede la filtrazione meccanica del particolato in sospensione, la rimozione di ferro e manganese naturalmente presenti nella acque sotterranee di questa parte della pianura bolognese, la rimozione dei composti organici mediante assorbimento su filtri a carboni attivi ad alta capacità. L'unità di depurazione è stata dimensionata considerando le massime concentrazioni iniziali destinate alla progressiva diminuzione durante l'esercizio della bonifica circolare. (c) Il pozzo di re-immissione acque, situato a monte dell'area contaminata, è stato dimensionato per consentire l'assorbimento nel sottosuolo delle acque sotterranee intercettate dalla trincea drenante. (d) La barriera fisica impermeabile è stata realizzata in opera mediante una miscela di cemento e bentonite per costituire un diaframma lungo il perimetro ad Est del sito con la funzione di contenere all'interno del sito il sistema imposto di ri circolazione delle acque sotterranee e condizionare il deflusso di falda verso la trincea drenante. L'analisi delle condizioni idrauliche del flusso di falda [3] ha consentito di prevedere l'andamento delle isofreatiche, e dei contaminanti dissolti in falda, dovuti dalla messa in esercizio del sistema di ri-circolazione delle acque considerando le condizioni al contorno definite dalla trincea drenante, dal diaframma impermeabile, dal pozzo di recupero e dal pozzo di re-iniezione. L'esame è stato eseguito applicando i codici di calcolo degli algoritmi previsti dal software di modellazione Modflow [2]. In Figura 3 è possibile osservare come l'azione della barriera impermeabile, lungo il confine Est del sito, modifica la direzione del flusso di falda condizionando il deflusso delle acque sotterranee verso la trincea drenante lungo il confine Sud del sito. La figura indica inoltre che le acque di ri-circolazione nel sottosuolo rimangono confinate all'interno del sito interessando l'area prima occupata dai serbatoi interrati, con l'obiettivo di stimolare la rimozione dei composti organici presenti nel sottosuolo.



**Fig. 3** – Planimetria del sito con l'ubicazione dei pozzi, piezometri, trincea drenante e diaframma e modello di flusso in condizione di esercizio.

(e) Il sistema di controllo remoto consente di verificare in tempo reale, in maniera interattiva, i principali parametri di controllo del sistema di bonifica, tra cui: lo stato della ri-circolazione delle acque mediante il livello idrico della re immissione e del punto di recupero, il sistema di contro-lavaggio dei filtri a carboni attivi, il volume di acqua depurata, il livello minimo del pozzo di recupero, lo stato di alimentazione degli impianti e la qualità del segnale della rete GSM, come riassunto in Figura 4.



**Fig. 4** – Schermata del tele-controllo con elenco dei sensori attivi.

### 3. Conclusioni

L'intervento per la riqualificazione dell'area è stato pianificato sulla base dei principi della "Green & Sustainable Remediation" e basato su uno studio idrogeologico sito specifico che ha consentito di pianificare non solo il contenimento delle acque inquinate all'interno di una porzione del sito contaminato, ma anche un intervento di ri-circolazione idrica delle acque sotterranee che consente la rimozione dei contaminati. I costi di bonifica, integrati nel pro-

getto di recupero dell'area, non eccedono la stima del 10% dei costi totali di riqualificazione. L'intervento è caratterizzato dai seguenti fattori rilevanti:

- minimizzazione della movimentazione di terreni (95% risorse salvaguardate per la matrice terreni) mediante l'applicazione di uno specifico geocomposito per la realizzazione di una trincea drenante;
- recupero integrale delle acque decontaminate (100% risorse salvaguardate per la matrice acque sotterranee) mediante re-iniezione del flusso di acqua decontaminato;
- gestione carboni attivi mediante recupero per de-assorbimento (R5 ai sensi dell'Allegato C Parte IV D.Lgs. 152/2006);
- esclusione della necessità di scarichi idrici (fognatura o in acque superficiali) per le acque contaminate da idrocarburi;
- bassi consumi energetici e bassi impatti ambientali;
- controllo remoto dei principali parametri di processo.

### **Bibliografia**

- [1] **Severi P.**, Bonzi L. (2014). Gli acquiferi dell'Emilia Romagna. In: Esperienze e prospettive nel monitoraggio delle acque sotterranee. Il contributo dell'Emilia Romagna (Farina M., Marcaccio M., Zavatti A.). Pitagora ed. Bologna, 19-45. (ISBN 88-371-1859-7).
- [2] **USGS**, MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model—the Ground-Water Flow Process.
- [3] **Gargini A.**, Le prove di emungimento: teoria, pratica e fattibilità concreta.

# Bonifica, messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale di siti contaminati: caso applicativo di una ex discarica a Minervino Murge

*Patrizia Pagone [ppagone@eco-logicasrl.it](mailto:ppagone@eco-logicasrl.it), Antonella Lomoro,  
Massimo Guido - ECO-logica srl, Bari (BA)  
Rosario Sarcinelli, Comune di Minervino Murge (BT)*

## Riassunto

*L'intervento di bonifica, messa in sicurezza permanente (MISP) e ripristino ambientale ha interessato una ex discarica a Minervino Murge (BT). L'obiettivo del progetto è stato quello di coniugare le esigenze di inserimento ambientale paesaggistico con gli obiettivi di bonifica stabiliti dall'analisi di rischio sito specifica, attraverso interventi di rimozione superficiale dei rifiuti, messa in sicurezza tramite capping, sistema di raccolta delle acque meteoriche e interventi di ingegneria naturalistica, tutela delle opere rurali esistenti e ripristino della vegetazione autoctona, protezione dell'area e monitoraggio. L'ex discarica si configura adesso come un'area verde riqualificata, restituita ai cittadini e completamente integrata nel contesto naturalistico di grande pregio del Parco Nazionale dell'Alta Murgia, ricompreso nel PSic/ZPS Murgia Alta.*

## Summary

*The reclamation case, permanent safety measures of the site and environmental restoration work has interested a former landfill in the municipality of Minervino Murge (BT). The project's aim was the combination of the needs of environmental integration with the landscape restoration targets established from site-specific risk analysis, through the removal of surface waste, safeguarding by capping, a rainwater collection system and environmental engineering techniques, preservation of existing rural workplaces and restoration of native vegetation, protection and monitoring of the area. The former landfill is now configured as a redeveloped green area, returned to the people and fully integrated into the landscape of the National Park of Alta Murgia, included in pSCI/SPA Murgia Alta.*

## 1. Introduzione

Il D.Lgs. 152/2006 [1] all'interno dell'allegato 3 al Titolo V della Parte Quarta indica i criteri generali per la selezione e l'esecuzione degli interventi di messa in sicurezza (d'urgenza, operativa o permanente), nonché per l'individuazione delle migliori tecniche d'intervento a costi sopportabili. Nel rispetto della normativa vigente è stato eseguito l'intervento di messa in sicurezza permanente dell'ex discarica Monte Guardianello, utilizzata per circa 22 anni tra il 1970 e il 1992 dal servizio municipale di raccolta dei rifiuti del Comune di Minervino Murge come discarica provvisoria in regime di emergenza. Chiusa nel 1992, l'ex discarica è stata quindi sottoposta alle operazioni di caratterizzazione per accertarne lo stato di contaminazione. L'area, di forma irregolare, comprende una superficie complessiva di 18.422 mq. I rifiuti furono accatastati dapprima in un profondo avvallamento situato nella parte centrale dell'area. La superficie occupata dai rifiuti, completamente ricoperta da vegetazione cresciuta spontaneamente, risultava degradante verso est, con quote altimetriche decrescenti da un

massimo di circa 602 m s.l.m. ad un minimo di circa 586 m s.l.m. Nella zona orientale era presente una scarpata prodotta dal deposito di rifiuti, con pendenze anche superiori a 80%, e cumuli di rifiuti con quote altimetriche superiori a 595 m; sullo strato più superficiale erano prevalentemente presenti inerti costituiti da bottiglie di vetro e da lamiere. L'intervento è stato definito a seguito dell'analisi dei risultati stabiliti con l'Analisi di Rischio Ambientale sito specifica, utilizzando la metodologia proposta dal manuale APAT [2]. Gli interventi di messa in sicurezza permanente attuati sono stati mirati ad evitare la diffusione dei contaminanti dal sito verso zone non inquinate e matrici ambientali adiacenti e ad impedire il contatto diretto della popolazione con la contaminazione presente. Per la scelta dell'intervento si è fatto riferimento alla matrice di screening delle tecnologie di bonifica sviluppata dall'ISPRA [3]. La scelta della soluzione adottata ha tenuto conto del processo di valutazione dei benefici ambientali e della sostenibilità dei costi delle diverse tecniche applicabili, anche in relazione alla destinazione d'uso del sito.

## 2. Relazione

### 2.1 Operazioni preliminari

Ai sensi dell'allegato 2 dell'allora vigente DM 471/99 [4] fu effettuato il campionamento e l'analisi del suolo, del sottosuolo, del materiale di riporto.

Per le analisi della frazione di terreno, furono determinati complessivamente 464 valori analitici di concentrazione e prelevati in totale 27 campioni da 9 diversi sondaggi. Per le analisi sull'eluato invece, furono determinati complessivamente 718 valori analitici di concentrazione e prelevati in totale 93 campioni da 8 diversi sondaggi interni al sito.

Dai risultati delle analisi di laboratorio della matrice suolo investigata si evinse che i contaminanti presenti interessavano solo lo strato più superficiale del suolo. Le situazioni più critiche riguardavano l'elevata presenza di piombo che superava i limiti normativi così come il rame, lo zinco e lo stagno, il cui superamento investiva la quasi totalità del sito. Per quanto riguarda il biogas la composizione dell'area interstiziale sottoposta ad analisi di laboratorio apparve uniforme in tutti i punti campionati senza nessuna anomala produzione di metano. Sia nei sondaggi del sottosuolo, che nei punti di campionamento dell'aria libera, furono sempre riscontrati valori inferiori al limite massimo rilevabile dallo strumento.

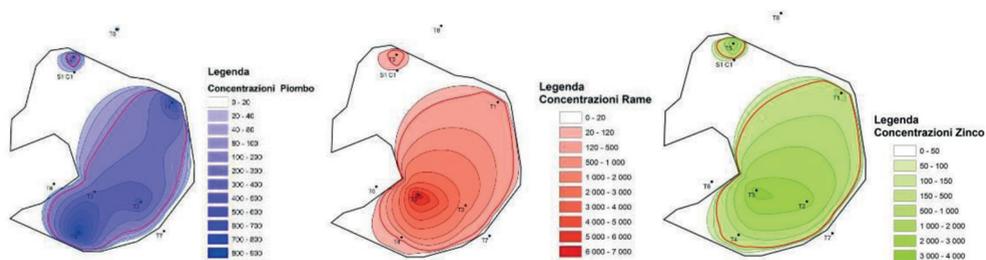


Fig. 1 – Concentrazioni inquinanti (piombo, rame, zinco) nell'area oggetto di bonifica

### 2.2 Pulizia superficiale dei rifiuti

Dopo la realizzazione degli idonei apprestamenti di cantiere (recinzione provvisoria, container servizi, DPI, cartellonistica informativa), delimitazione della zona dei lavori e individuazione e protezione dei passaggi, si è proceduto con un'attività di decespugliamento iniziale per rimuovere la vegetazione infestante presente nell'area. Successivamente al prelievo e alle analisi chimico-fisiche dei campioni di rifiuti presenti per la caratterizzazione e classificazione ai sensi del DM 27/09/2010 [5], è stata effettuata una selezione e successiva raccolta dei rifiuti

in big bags e cassoni scarrabili. Si è proceduto infine al trasporto dei rifiuti prelevati presso gli impianti autorizzati per le specifiche categorie di rifiuti raccolti e successivo smaltimento e/o recupero degli stessi.

### 2.3 Copertura del corpo discarica

Il quadro normativo di riferimento per la realizzazione del sistema di copertura di una discarica è costituito dal Decreto Legislativo n. 36 del 13 gennaio 2003 [6].

Successivamente alla fase di pulizia superficiale dei rifiuti depositati sull'area di intervento, si è proceduto alla rimozione di asperità presenti, garantendo la pulizia dall'eccesso di detriti e materiali estranei. È stato realizzato uno strato superficiale di regolazione dello spessore di 30 cm per predisporre le superfici ai successivi trattamenti. A fronte della presenza di muretti a secco, la realizzazione del capping è stata preceduta dallo smontaggio degli stessi per garantire la massima tutela di tali elementi rurali preesistenti. **È stata quindi realizzata una struttura multistrato al di sopra della superficie di rifiuti-terreno, caratterizzata dalle seguenti componenti:**

- Strato di livellamento e regolarizzazione
- Strato minerale di argilla con valore di permeabilità  $K < 10^{-8}$  m/s
- Strato di drenaggio delle acque di infiltrazione
- Terreno di copertura

L'area oggetto di intervento è stata suddivisa in tre principali settori in corrispondenza dei quali si è realizzata una diversa tipologia di capping che riflette la morfologia del sito:

- Capping TIPO A: zona pianeggiante sub-orizzontale;
- Capping TIPO B: zona inclinata corrispondente alla scarpata;
- Capping TIPO C: zona di raccordo tra il capping tipo A ed il confine dell'area.

La prima tipologia di capping (Tipo A) ha interessato l'area più vasta del sito, occupando le superfici piane, sub-orizzontali e prevedendo la stesa di materiale argilloso, per uno spessore complessivo di 50 cm al di sopra dello strato di regolarizzazione delle superfici. Al di sopra dello strato di argilla si è disposto un geosintetico per il drenaggio delle acque meteoriche, sul quale è stato realizzato uno strato di terreno di ricoprimento di 80 cm, sovrastato da uno strato di terreno vegetale di 20 cm che ha consentito l'attecchimento della vegetazione e l'inerbimento del sito.

In corrispondenza della scarpata, è stato realizzato il capping Tipo B, caratterizzato dalla disposizione di un telo in HDPE sullo strato di misto granulare stabilizzato. Tale materiale sintetico ha sostituito lo strato di minerale argilloso disposto nelle altre zone, per garantire maggiore stabilità al pendio ed assicurare al tempo stesso un perfetto isolamento dell'area inquinata. Al di sopra del telo in HDPE, è stato posizionato un geosintetico per il drenaggio delle acque meteoriche, e al disopra uno strato di terreno di ricoprimento spesso 45 cm, sopra il quale è stato realizzato uno strato di terreno vegetale di 20 cm. Tra lo strato di terreno di ricoprimento e quello vegetale è stato disposto un geocomposito di aggrappo per assicurare la tenuta del materiale lungo il tratto in pendenza. Infine, al di sopra dello strato di terreno vegetale è stata disposta una biorete antierosione per evitare processi di dilavamento superficiale ed instabilità.

Il capping Tipo C ha interessato le superfici di raccordo tra quello di Tipo A ed il perimetro del sito. Le componenti costitutive del pacchetto di isolamento in questo caso sono: argilla al di sopra dello strato di regolarizzazione, geosintetico di drenaggio per le acque superficiali, terreno di ricoprimento, terreno vegetale. Lo spessore degli strati all'interno della tipologia C, è risultata variabile perché tale zona di raccordo è stata caratterizzata da strati degradanti a partire da spessori analoghi a quelli della tipologia A, fino a sfinire ed annullarsi man mano che ci si avvicina al perimetro dell'area di intervento.

Il sistema di isolamento superficiale ha avuto lo scopo di prevenire e limitare l'infiltrazione delle acque meteoriche, per minimizzare la formazione di percolato che potrebbe contaminare il suolo circostante e la falda sottostante, prevenire la fuoriuscita superficiale di contaminanti, a seguito di possibili fenomeni di diffusione capillare attraverso il terreno, e consentire il recupero dell'area degradata e la sua integrazione con l'ambiente circostante, mediante crescita di manto erboso, piante ed arbusti.

#### *2.4 Opere di ingegneria naturalistica*

In corrispondenza dell'area sud-est del sito, è stato realizzato un rilevato in terra armata per contenere la spinta del terreno ed al tempo stesso consentire l'inserimento ambientale e paesaggistico dell'intervento eseguito. In funzione dell'altezza di terra da contenere il muro in terra armata presenta tre distinte altezze: 1,20 m, 1,80 m e 2,40 m.

La scelta di realizzare queste opere di sostegno in terra rinforzata è stata dettata da esigenze legate alla stabilità del sistema di contenimento realizzato, e da ragioni di impatto ambientale. La soluzione adottata permette di ottenere un'opera a basso impatto ambientale: infatti, una volta rinverdito, il rilevato in terra rinforzata si è inserito perfettamente nell'ambiente naturale circostante. Ad opera terminata i paramenti esterni della scarpata sono stati trattati con speciali tecniche di idrosemina che ne hanno permesso un completo inverdimento e quindi un buon inserimento nel contesto ambientale.

La terra armata è stata realizzata mediante l'alternanza di strati ben compattati, di spessore tra i 60 e i 70 cm di terreno (materiale resistente a sforzi di compressione e taglio) e di particolari tipologie di armature di rinforzo costituite da geogriglie che ne garantiscono la stabilità (materiale resistente a sforzi di trazione).

Il muro in terra armata è stato inoltre completato a tergo del rilevato strutturale, nella zona interna al sito, con un sistema di drenaggio, costituito da un geocomposito drenante e tubo fessurato che si collega alla cisterna di raccolta delle acque meteoriche.

Questo sistema potrà entrare in funzione qualora lo si ritenesse opportuno aprendo una saracinesca all'ingresso della cisterna, consentendo il prelievo di un campione di acqua meteorica di ruscellamento nell'ambito del sistema di controllo e monitoraggio dell'intervento realizzato, oppure potrà essere bypassato mediante la chiusura delle saracinesche qualora il serbatoio abbia raggiunto la capacità massima di invaso, consentendo all'acqua di fluire in maniera diffusa sia attraverso il corpo nel muro in terra armata che attraverso il cassonetto di fondazione. La trincea drenante a ridosso del muro in terra armata è stata realizzata mediante l'impiego di materiale drenante, quale ghiaia, posta a tergo della terra rinforzata, fino ad arrivare alla fondazione del muro. Il telo impermeabile costituito da HDPE che ricopre l'intera area del capping è stato risvoltato al di sotto della fondazione stessa, in maniera da consentire il deflusso dell'acqua verso il cassonetto di fondazione. In tal modo le acque di accumulo che non defluiranno all'interno della tubazione di raccolta a ridosso del muro di contenimento, potranno, dopo aver attraversato il sistema di copertura, in parte attraversare il muro in terra armata e in parte attraversare lo strato di fondazione e defluire verso l'esterno in modo diffuso.

Le opere di ingegneria naturalistica realizzate, oltre il muro di contenimento in terra armata, comprendono anche le canalette in legno per scolo delle acque superficiali e la scalinata in pietra a secco per consentire il passaggio lungo la scarpata.



**Fig. 2** – Muro in terra armata realizzato

### 2.5 Impianto di raccolta acque meteoriche

L'efficacia degli interventi previsti al fine di garantire una sufficiente impermeabilizzazione dell'ammasso costituito dal corpo dei rifiuti, ovvero la garanzia di durata nel tempo degli stessi, ha richiesto anche la realizzazione di un'adeguata rete di raccolta delle acque meteoriche, in modo da prevenire i possibili effetti dannosi dovuti sia al ruscellamento superficiale delle acque, sia all'infiltrazione delle acque meteoriche negli strati sovrastanti le strutture di impermeabilizzazione. A tal fine si è proceduto alla posa di tubo collettore per la raccolta dell'acqua di captazione del sito; è stato realizzato un canale di raccolta acque meteoriche superficiali in zona perimetrale e un canale di raccolta bordo strada e deflusso superficiale scarpata. La canaletta ha la funzione di fosso di guardia atto ad impedire il ruscellamento superficiale e quindi i possibili fenomeni erosivi sulla copertura della discarica, e consentirà di contenere la quantità di acqua pluviale che verrà intercettata dal sistema di impermeabilizzazione.

All'interno della canaletta, riempita con materiale drenante, scorre una tubazione fessurata per raccogliere le acque pluviali che interesseranno direttamente l'area in oggetto. Le tubazioni confluiscono in una cisterna della capacità di 40 m<sup>3</sup>, posta a valle del sito, lungo i fianchi della quale sono state poste due condotte di raccolta. Il drenaggio delle acque che investiranno la strada interna del sito è affidato alla presenza di canalette in legno riempite con materiale drenante. Canalette analoghe, ma prive di materiale di drenaggio interno, sono state poste sulla superficie del capping nelle zone di compluvio per migliorare la regimentazione delle acque ed agevolare il recapito da parte del sistema principale. Sono stati inoltre inseriti dei pozzetti di captazione, ispezione, raccordo e monitoraggio.

### 2.6 Ripristino ambientale

Successivamente al progetto di messa in sicurezza permanente dell'ex discarica si è **proceduto con** il ripristino ambientale del sito. Nella definizione degli interventi e della destinazione d'uso del sito, si è tenuto conto di quanto indicato nel regolamento del Piano del Parco Nazionale dell'Alta Murgia, all'interno del quale è localizzata l'ex discarica di Monte Guardianello. Gli interventi di recupero ambientale sono stati finalizzati al recupero della naturalità dei luoghi e alla sua fruizione sia a scopi scientifici ed educativi, sia a scopi ricreativi legati alla valenza naturalistica dei luoghi.

L'intervento di recupero ambientale è **consistito** nelle attività di sistemazione dell'area seguendo i naturali pendii e la morfologia di origine; ricostituzione di una copertura vegetale; smontaggio e ricostruzione di muretti a secco presenti nell'area; realizzazione di un inerbimento con specie erbacee annuali e perenni pioniere allo scopo di una rapida stabilizzazione della massa movimentata e per favorire processi di rivitalizzazione (ricolonizzazione microbiologica) del suolo; piantumazione di specie autoctone per la ricostituzione della copertura vegetale; realizzazione rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche; sistemazione della

viabilità interna; recinzione dell'area di intervento; contenimento delle scarpate con muro in terra armata.

### *2.7 Protezione dell'area e monitoraggio*

Per consentire la protezione ed il controllo dell'area sono stati realizzati interventi che consentono il controllo e la tutela del sito oggetto di intervento. È stata realizzata una strada di accesso per la viabilità interna (con la posa di uno strato di fondazione costituito da misto granulare dello spessore di 20 cm e uno strato finale in ghiaia di 6 cm), n.5 camini di sfianto per biogas in corrispondenza delle zone in cui è maggiormente presente il corpo rifiuti (al fine di scongiurare un eventuale accumulo di biogas al di sotto della zona impermeabilizzata e il potenziale rischio di esplosioni qualora nel tempo possa accumularsi) e si è provveduto alla recinzione dell'area con rete metallica. È stato posizionato un pannello informativo del sito e quattro cartelli di divieto abbandono rifiuti. Si è provveduto infine al monitoraggio dei parametri chimico fisici (aria, acqua, topografia).

### **3. Conclusioni**

Il progetto di bonifica, messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica Monte Guardianello, ha cercato di coniugare le esigenze di inserimento ambientale paesaggistico con gli obiettivi di bonifica stabiliti dall'analisi di rischio sito specifica alla base dell'intervento proposto. Attraverso gli interventi di ingegneria naturalistica posti in essere, fondamentali per garantire la protezione del rilevato, la gestione delle acque di ruscellamento e l'inserimento paesaggistico dell'opera, e la particolare cura posta nella scelta delle specie erbacee e arbustive da impiantare scelte tra quelle autoctone tipiche della habitat di interesse comunitario ivi presente, l'ex discarica ha lasciato il posto ad un'area verde riqualificata, restituita ai cittadini e completamente integrata nel paesaggio del Parco Nazionale dell'Alta Murgia.

### **Bibliografia**

- [1] **D.Lgs. n. 152 del 03/04/2006 e ss.mm.ii.** "Norme in materia ambientale" – Parte Quarta "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati" - Titolo V "Bonifica di siti contaminati";
- [2] **Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici** "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" Rev.2 Marzo 2008
- [3] **Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale** "Matrice di screening delle tecnologie di bonifica" Rev.050908
- [4] **D. M. n. 471 del 25/10/1999** "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D.Lgs. 05/02/1997 n. 22 e ss.mm.ii."(abrogato dal D.Lgs. 152/06);
- [5] **D. M 27/09/2010 e ss.mm.ii.** "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3/08/2005";
- [6] **D.Lgs. n. 36 del 13/01/2003 e ss.mm.ii.** "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti".

# Applicazione di sistemi BIM alla bonifica di un complesso edilizio contaminato da amianto: gestione e programmazione degli interventi

*Patrizia Pagone [ppagone@eco-logicasrl.it](mailto:ppagone@eco-logicasrl.it), Ersilia D'Ambrosio,  
Massimo Guido - ECO-logica srl, Bari (BA)  
Giovanni di Cagno Abbrescia - Aedificare srl, Bari (BA)*

## **Riassunto**

*L'articolo presenta un caso applicativo di analisi e valutazione del rischio amianto di un complesso edilizio, condotto sfruttando le potenzialità della tecnologia BIM – Building Information Modeling. Le informazioni rilevate durante le attività di ricognizione dello stato dei luoghi sono state trasferite nel modello BIM, che ha permesso di redigere mappe, schemi e spaccati assonometrici fondamentali per la definizione di aree su cui impostare l'attività di analisi e valutazione. È stato realizzato un modello dell'edificio in grado di racchiudere le diverse tipologie di materiali contenenti amianto, la loro posizione planivolumetrica, il loro stato di conservazione e grado di pericolosità, con mappatura delle diverse zone di rischio, utile per redigere un accurato piano di indagine e programmare opportunamente gli interventi.*

## **Summary**

*The article presents an application of analysis and evaluation of asbestos risk of a building complex, led by exploiting the potential of BIM - Building Information Modeling. The information gathered during the reconnaissance of the locations were transferred to the BIM model, which has allowed to draw up maps, diagrams and axonometric drawings, fundamental to the definition of areas where the analysis and evaluation should be taken. It has been made a building model that can enclose the various types of materials containing asbestos, their planimetric and volumetric position, their status of preservation and dangerousness, with mapping of the different risk areas, useful to draw up an accurate plan investigation and to program appropriately interventions.*

## **1. Introduzione**

BIM è l'acronimo di "Building Information Modeling" (Modello di Informazioni di un Edificio) ed è definito dal National Institutes of Building Science come la "rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto".

Il BIM permette il controllo del processo per la creazione e l'utilizzo di dati di una costruzione per progettare, costruire e gestire l'edificio durante il suo intero ciclo di vita. Il Building Information Modeling consente a tutti i soggetti interessati di avere accesso alle stesse informazioni nello stesso tempo, attraverso l'interoperabilità tra le piattaforme tecnologiche. Il BIM consente la rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un

organismo complesso, come è il sistema edificio – impianto. Come tale esso serve come risorsa di conoscenza condivisa per informazioni su una struttura, formando una base affidabile per le decisioni durante il suo ciclo di vita, dall'ideazione fino allo smaltimento.

L'applicazione della tecnologia BIM influisce su tutti gli stakeholder del settore architettonico, ingegneristico ed edilizio [1]. Il modello di edificio che deriva da tale tecnologia è costituito dai suoi componenti rappresentati come oggetti parametrici digitali che includono informazioni tecniche e prestazionali. Tali oggetti formano il prototipo digitale degli elementi fisici (muri, pilastri, porte, finestre, scale, impianti etc.) che permettono di simulare l'edificio e il suo comportamento in maniera virtuale, prima di intervenire sullo stesso.

Sfruttando le potenzialità di tale tecnologia, si è riusciti a gestire e programmare gli interventi necessari per la bonifica di un complesso edilizio pluripiano contaminato da amianto, riuscendo a definire in maniera chiara ed esaustiva i rischi e le relative priorità di intervento.

## **2. Relazione**

### *2.1 Piano di campionamento*

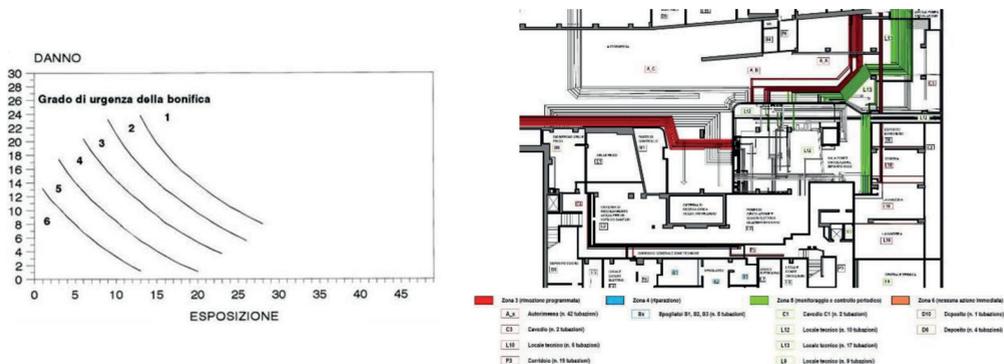
Nell'ambito delle attività di Analisi e Valutazione del rischio amianto del complesso edilizio oggetto di intervento, è stato elaborato il Piano di Campionamento. L'attività preliminare è consistita nella ricognizione dell'intero complesso edilizio, prestando particolare attenzione a vani tecnici, cavidotti, controsoffitti e tubazioni orizzontali e verticali presenti in ogni piano, al fine di ricercare la presenza di amianto nei manufatti edilizi (lastre, pavimenti in linoleum, pannelli prefabbricati, pareti divisorie, canne fumarie, cassoni per acqua, intonaci e stucchi resistenti al fuoco, isolanti termici negli impianti idrici, termici, frigorifero, condizionamento, materiali isolanti e fonoassorbenti, guaine di rivestimento, tessuti ignifughi, ecc.). Sulla base di tali rilievi e verifiche visive è stato elaborato il Piano di Campionamento, con l'obiettivo di programmare i campionamenti necessari ad accertare la localizzazione dell'amianto all'interno del complesso edilizio, ai fini di una corretta verifica del grado di rischio del materiale rinvenuto, in ottemperanza alle normative cogenti. Il numero di campioni è stato stabilito per tipologie omogenee di manufatti, con caratteristiche simili o continuità nel tracciato, ricostruito dal complesso percorso delle tubazioni realizzato sfruttando la tecnologia BIM. Attraverso tale sistema è stato possibile anche redigere elaborati grafici in cui sono stati individuati gli esatti punti di campionamento dei materiali friabili sospetti e dei materiali in cemento amianto. Il campionamento è stato effettuato seguendo i criteri definiti dal DM 06/09/1994 [2]. I campioni prelevati sono stati poi inviati a laboratorio specializzato e conforme alla norma UNI EN ISO IEC 17025 [3] e UNI EN ISO 9001 [4].

### *2.2 Analisi e valutazione del rischio amianto*

Per la valutazione del rischio amianto è stato utilizzato il metodo Versar che costituisce una delle metodologie più utilizzate in tale ambito, adoperato anche dall'EPA (Environmental Protection Agency). Il metodo è applicabile sia ai materiali friabili che ai compatti, presenti all'interno di ambienti confinati. Gli indicatori considerati fanno capo a due distinte tipologie di parametri: fattori di danno e fattori di esposizione, motivo per il quale il modello viene considerato "bidimensionale". A ciascun parametro viene attribuito un punteggio stabilito in modo da limitare la variabilità dovuta alla soggettività del rilevatore. La valutazione dei due parametri deve essere condotta distintamente per ciascun locale o area con caratteristiche omogenee. Il metodo consente di definire le priorità di intervento. Al fine di valutare il rischio amianto e conseguentemente stabilire il grado di urgenza della bonifica, il metodo Versar prevede l'ubicazione del punto corrispondente al materiale oggetto di studio su un grafo denominato "grafico del pericolo", avente per ascissa il valore associato all'esposizione e per ordinata il valore associato al danno. A tal fine occorre sommare i punteggi attribuiti ai singoli

parametri che costituiscono i fattori di esposizione e i fattori di danno e riportare i due valori così ottenuti rispettivamente sull'asse delle ascisse e sull'asse delle ordinate. Si individuerà pertanto, sul “grafico del pericolo”, un punto che cadrà in una delle sei zone in cui è diviso il grafico stesso, corrispondenti ad altrettanti classi di urgenza per l'intervento correttivo. Alle n. 6 zone si associa la seguente descrizione:

- **zona 1:** rimozione immediata;
- **zona 2:** rimozione quanto prima possibile. La rimozione può essere rimandata alla prima occasione utile (es. vacanze estive in una scuola), ma senza aspettare l'occasione di un intervento di ristrutturazione o di manutenzione straordinaria;
- **zona 3:** rimozione programmata. La rimozione può essere affrontata nell'ambito dei programmi di manutenzione e ristrutturazione dell'edificio;
- **zona 4:** riparazione. Le aree danneggiate dovrebbero essere sistemate con interventi limitati di confinamento o incapsulamento;
- **zona 5:** monitoraggio e controllo periodico. Controllo periodico delle aree al fine di assicurare che non si verifichino danni ulteriori;
- **zona 6:** nessuna azione immediata. Rilascio di fibre improbabile. Non occorre attuare alcun intervento.



**Fig. 1** – Grafico del pericolo e individuazione delle zone di intervento

Sulla base delle informazioni riportate nelle schede di censimento allegato al Piano di Campionamento e dei risultati desunti dalle analisi condotte dal laboratorio accreditato, per ogni punto campionato si sono determinati i fattori di danno e i fattori di esposizione ed infine l'ubicazione di detti punti nel cosiddetto “Grafico del pericolo”, come previsto dal metodo Versar. Dall'analisi di rischio condotta è emersa la necessità di effettuare un monitoraggio e controllo periodico per gli elementi rientranti in Zona 5 ed in Zona 6, al fine di garantire e verificare che il rischio amianto si attesti sempre al medesimo livello medio/basso. Per gli elementi rientranti nella zona 3 è prevista l'esecuzione di interventi di rimozione; per quelli rientrante invece in zona 4 è invece previsto incapsulamento.

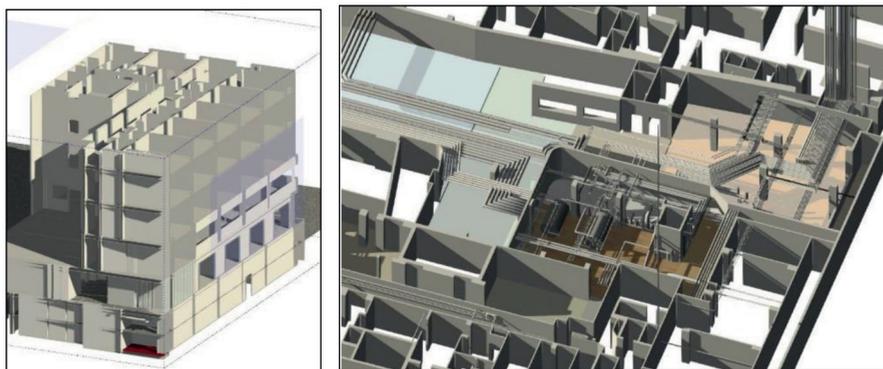


Fig. 2 – Spaccati assonometrici derivanti dalla modellazione BIM

### 2.3 Programma preliminare degli interventi

A seguito degli esiti dell'analisi di rischio condotta sono stati definiti: gli interventi di bonifica da compiersi sugli elementi rientranti in zona 3 (rimozione programmata); gli interventi di incapsulamento e/o confinamento da compiersi sugli elementi rientranti in zona 4 (riparazione); i monitoraggi da compiersi sugli elementi rientranti in zona 5 (monitoraggio e controllo periodico) e in zona 6 (nessuna azione immediata). Monitoraggi sono stati previsti anche per gli elementi rientranti in zona 3 (rimozione programmata) nel periodo antecedente alla bonifica e durante l'esecuzione della stessa nonché per gli elementi rientranti in zona 4 (riparazione), prima, durante e dopo l'esecuzione degli interventi di incapsulamento e/o confinamento. A seguito dell'applicazione di detto metodo si sono identificate, all'interno del complesso oggetto di intervento, le seguenti zone:

- **Zona 3 (rimozione programmata):** la rimozione degli elementi rientranti in tale zona potrà essere affrontata nell'ambito dei programmi di manutenzione e ristrutturazione dell'edificio;
- **Zona 4 (riparazione):** per gli elementi appartenenti a tale zona dovranno essere previsti interventi di confinamento e/o incapsulamento;
- **Zona 5 (monitoraggio e controllo periodico):** per gli elementi compresi in tale zona sarà necessario un controllo periodico delle aree al fine di assicurare che non si verifichino danni ulteriori;
- **Zona 6 (nessuna azione immediata):** sono suggerite sporadiche ispezioni visive degli elementi ricompresi in tale zona;

Sulla base dei risultati desunti dall'analisi di rischio, si è suggerito un monitoraggio e controllo periodico per gli elementi rientranti in Zona 5 (frequenza annuale) ed in Zona 6 (frequenza biennale), al fine di garantire e verificare che il rischio amianto si attesti sempre al medesimo livello medio/basso; un monitoraggio e controllo semestrale per gli elementi rientranti in Zona 3, fino a quando non saranno effettuati interventi di manutenzione e ristrutturazione dell'edificio, con cui tali elementi saranno rimossi; un monitoraggio e controllo semestrale per gli elementi rientranti in Zona 4, prima dell'esecuzione degli interventi di incapsulamento; al seguito di detti interventi sarà eseguito un monitoraggio biennale. Se dalle sopra specificate ispezioni visive, condotte da tecnici in grado di valutare le condizioni dei materiali, saranno constatate, per gli elementi rientranti nelle zone 5 e 6, situazioni di degrado dovrà essere effettuata una nuova analisi di rischio, mediante applicazione del metodo Versar, al fine di determinare le azioni da intraprendersi. Se tale constatazione dovesse invece avvenire per gli elementi rientranti in zona 3 o 4 (prima dell'esecuzione degli interventi), gli interventi di riparazione ovvero di rimozione dovranno essere eseguiti in tempi brevi. Per quanto riguarda gli elementi rientranti in zona 4, a seguito degli interventi

di incapsulamento, se dovessero riscontrarsi situazioni di degrado si dovrà procedere con la rimozione degli stessi.

#### *2.4 Piano di monitoraggio e controllo*

In accordo al Decreto del Ministero della Sanità del 6 settembre 1994 [2], dal momento in cui viene rilevata la presenza di materiali contenenti amianto in un edificio è necessario che sia messo in atto un programma di controllo e manutenzione al fine di ridurre al minimo l'esposizione degli occupanti. La presenza di materiali contenenti amianto in un edificio di per sé non comporta un pericolo per la salute degli occupanti: se il materiale è in buone condizioni e non viene manomesso, è estremamente improbabile che esista un pericolo apprezzabile. Tuttavia, se invece il materiale viene danneggiato a causa d'interventi di manutenzione o per vandalismo ovvero versa in cattive condizioni, le vibrazioni dell'edificio, i movimenti di persone o macchine, le correnti d'aria potrebbero causare il distacco di fibre legate debolmente al resto del materiale. Si potrebbe pertanto verificare un rilascio di fibre con un rischio potenziale. La potenziale pericolosità dei materiali di amianto dipende dall'eventualità che siano rilasciate fibre aerodisperse nell'ambiente che possano poi venire inalate dagli occupanti. L'esecuzione di un programma di controllo e manutenzione consente di verificare periodicamente le condizioni dei materiali contenenti amianto, prevenendo il rilascio e la dispersione secondaria di fibre ovvero intervenire correttamente quando si verifichi un rilascio. Il Piano di monitoraggio e controllo ha avuto dunque l'obiettivo di fornire indicazioni sui monitoraggi e controlli periodici che dovranno essere effettuati all'interno del complesso edilizio analizzato, al fine di assicurare che non si verifichino danni ulteriori sugli elementi per i quali l'analisi di rischio amianto ha restituito un valore basso/medio. Controlli periodici dovranno inoltre essere effettuati sugli elementi per i quali l'analisi di rischio ha fornito un valore elevato fino all'effettuazione degli interventi di rimozione programmata ovvero di riparazione. Gli interventi di manutenzione ordinaria all'interno dell'edificio dovranno invece avvenire secondo quanto riportato nella "Istruzione operativa per l'esecuzione degli interventi di manutenzione ordinaria". Nel Piano di monitoraggio e controllo sono state programmate e definite le azioni periodiche da compiere sulla base delle indicazioni fornite dalla vigente normativa di settore, al fine di salvaguardare la conservazione dell'amianto e preservare bassi livelli di rischio conseguenti.

#### *2.5 Istruzioni operative per l'esecuzione degli interventi di manutenzione ordinaria*

Le istruzioni operative per l'esecuzione degli interventi di manutenzione ordinaria descrivono le misure di natura tecnica, organizzativa e procedurale, nonché di informazione, atte a tenere sotto controllo i potenziali fattori di deterioramento e di danneggiamento attraverso il corretto comportamento di tutti i manutentori e gli occupanti dell'edificio. Ai sensi del D.M. 06/09/94 [2], nel momento in cui viene constatata all'interno dell'immobile la presenza di MCA, il proprietario dell'immobile e/o responsabile dell'attività che si svolge all'interno dell'edificio (PI) ha l'obbligo di proteggere gli occupanti dai rischi e pericoli associati alla presenza di amianto. Il Decreto stabilisce le modalità operative da adottarsi relativamente al Programma di controllo (definendo gli obblighi del PI) e alle Attività di manutenzione e custodia (definendo le modalità con cui gli interventi manutentivi dovranno essere svolti all'interno dell'edificio). All'interno dell'edificio, nel momento in cui viene rilevata la presenza di amianto possono svolgersi interventi di manutenzione ordinaria che non comportano contatto diretto con l'amianto, che possono interessare accidentalmente i materiali contenenti amianto e che intenzionalmente disturbano zone limitate di materiali contenenti amianto. Operazioni che comportino un esteso interessamento dell'amianto non possono essere consentite, se non nell'ambito di progetti di bonifica e previa consegna del Piano di Lavoro agli Enti competenti. Tutte le operazioni di rimozione del MCA devono essere comunque effettuate garantendo la sicurezza e la salute dei lavoratori nonché la protezione dell'ambiente esterno in base alla

vigente normativa [5] [6]. Nel momento in cui viene constatata all'interno dell'immobile la presenza di materiale contenente amianto, il PI dovrà designare il Responsabile dell'Attività di Manutenzione e Custodia e conservare idonea documentazione da cui risulti l'ubicazione dei suddetti materiali. Ricorrendo ad idonee etichette, da apporre sui MCA in tutti i punti accessibili ed ispezionabili (ad es. tubazioni nei controsoffitti o nei cavedi), il materiale dovrà inoltre essere reso riconoscibile. Tali etichette dovranno essere obbligatoriamente poste sulle installazioni soggette a frequenti interventi manutentivi. A tale scopo, utilizzando la tecnologia BIM, è stato quindi possibile definire la localizzazione planivolumetrica dei manufatti contenenti amianto (MCA), con la precisa indicazione anche delle zone in cui si è avuta la necessità di apporre idonee etichette.

### 3. Conclusioni

Il modello BIM ha permesso quindi di redigere un accurato piano di indagine per un riscontro analitico dell'effettiva presenza e contenuto di amianto. Tale attività è stata proposta per quelle situazioni in cui la valutazione ha evidenziato un rischio medio/alto.

I risultati delle attività di campionamento sono stati successivamente implementati nel modello creato: le situazioni che hanno fornito una valutazione medio/alta del rischio amianto sono state oggetto di un progetto di messa in sicurezza e/o bonifica. La tecnologia BIM, considerata anche la particolarità del complesso edilizio, ha permesso una programmazione degli interventi che fosse in grado di coniugare le diverse esigenze in gioco e i diversi elementi che concorrono alla definizione dell'edificio nel suo complesso (impianti, sistemi di coibentazione, coperture, controsoffittature).

### Bibliografia

- [1] **T. Dalla Mora, F. Peron, F. Cappelletti, P. Romagnoni, P. Ruggeri** *"Una panoramica sul building information modelling (BIM)"*;
- [2] **D.M. del 06/09/1994** *"Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art.6, comma 3, e dell'art.12, comma 2, della Legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto"*;
- [3] **UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005** *"Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura"*;
- [4] **UNI EN ISO 9001:2015** *"Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti"*;
- [5] **D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008 e ss.mm.ii.** *"Attuazione dell'art.1 della Legge 3 agosto 2007 n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"*;
- [6] **D.Lgs. n. 257 del 25/07/2006 e ss.mm.ii.** *"Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro"*.

# La bonifica dei Regi Lagni in Campania. Problematiche nella gestione di reti di trattamento delle acque reflue in contesti critici

*Raffaele Pica<sup>(a)</sup> [raffaele.pica@enea.it](mailto:raffaele.pica@enea.it), Antonio Giuliano<sup>(a)</sup>, Gianpaolo Sabia<sup>(a)</sup>, Simone Busi<sup>(a)</sup>,  
Sabino De Gisi<sup>(b)</sup>*

*<sup>(a)</sup> Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile -  
ENEA CR Bologna - <sup>(b)</sup> DICATECh, Politecnico di Bari, Bari*

## **Riassunto**

*L'ENEA ha condotto dagli inizi degli anni 2000 una analisi della contaminazione dei suoli, delle acque e dei sistemi di raccolta e trattamento dei reflui nella piana campana a nord di Napoli. Il territorio è quello dei Regi Lagni, ossia quel complesso reticolo di canali considerato tra le maggiori opere di bonifica rurale del Sud Italia. Le indagini hanno messo in luce una serie di problematiche gestionali per le reti di raccolta reflui tanto da indurre la magistratura al sequestro giudiziario degli impianti di trattamento. L'impegno dell'ENEA, nell'adempimento delle prescrizioni alla base dei provvedimenti giudiziari, ha portato al dissequestro del depuratore "Area Nolana", mostrando un esempio di buona pratica nel revamping delle sezioni di trattamento biologico a fanghi attivi di grossa taglia. Per gli altri impianti la Regione Campania ha avviato un difficile e oneroso percorso di ristrutturazione delle opere e dei sistemi di gestione, tutt'ora in corso.*

## **Summary**

*ENEA has conducted since the early 2000s an analysis of soil and water contamination, about the collection systems and wastewater treatment systems in the northern area of Naples. The territory is that of the Regi Lagni, a complex network of canals considered one of the major rural reclamation in the south of Italy. Investigations conducted by ENEA have highlighted a series of management problems for the wastewater collection networks so as to induce the judiciary to the seizure of the wastewater treatment plants (WWTPs). The ENEA's commitment in fulfilling the basic requirements of judicial measures, has led to the release from seizure of the "Nolana Area" WWTP, showing an example of good practice in the revamping of large size activated sludge-based biological treatment sections. For other plants the Campania Region has embarked on a difficult and costly process of facilities revamping and management systems reconfiguration, still in progress.*

## **1. Introduzione**

L'attuale assetto del sistema di trattamento delle acque reflue afferenti al Golfo di Napoli fu inizialmente impostato dalla la Cassa del Mezzogiorno (CASMEZ) nel 1971. Il progetto della CASMEZ fu approvato dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) finanziando un articolato programma denominato "Progetto speciale per il disinqui-

namento del golfo di Napoli - PS3” (04/08/1972 Delibera n.39). Una serie di fatti storici di rilevanza nazionale influenzarono in maniera determinante l’evoluzione del Grande Progetto PS3. Già nel 1973 l’epidemia di colera a Napoli determinò l’inizio della lievitazione dei costi e degli obiettivi, superando di fatto un ampio dibattito sul confronto della sostenibilità delle scelte tra le tecnologie allora disponibili. Sulla base del progetto della CASMEZ furono istituiti 15 comprensori afferenti ad altrettanti depuratori, in grado di trattare i territori di tre principali “Macro Zone”: l’area metropolitana di Napoli; il Bacino del fiume Sarno, ed infine il Bacino dei Regi Lagni (Vedi Fig. 1). La Cassa per il Mezzogiorno divenne così l’organo tecnico economico deputato alla gestione di un complesso sistema di opere infrastrutturali che, nel caso dei sistemi di raccolta e trattamento reflui, presentava variabili di progetto fortemente aleatorie. A tal proposito basta ricordare l’incontrollato fenomeno dell’abusivismo edilizio, degli interessi della criminalità organizzata nel settore dei rifiuti, del dibattito sulla normativa ambientale aperto nel nostro Paese nel ’76 dall’incidente di Seveso e del carattere di straordinarietà e urgenza che il terremoto del 1980 impresso a molti degli appalti pubblici in Campania. La Cassa del Mezzogiorno tentò di governare i maggiori interventi infrastrutturali della Regione fino al 1984, lasciando sul campo una miriade di lotti e stralci di lavori ancora oggi incompiuti.

L’ENEA ha condotto dagli inizi degli anni 2000 una analisi della contaminazione dei suoli, delle acque e dei sistemi di raccolta e trattamento dei reflui nella Piana Campana. Le indagini mettono in luce una serie di problematiche gestionali per le reti di raccolta reflui in contesti critici, individuando nella inefficienza dei sistemi di depurazione una delle maggiori fonti di contaminazione delle acque, tanto da indurre la magistratura nel 2010 al sequestro giudiziario degli impianti di trattamento in quest’area.

L’impegno dell’ENEA, nell’adempimento delle prescrizioni alla base dei provvedimenti giudiziari, ha portato al dissequestro del depuratore “Area Nolana”, mostrando un esempio di buona pratica nel revamping delle sezioni di trattamento biologico a fanghi attivi di grossa taglia. Per gli altri impianti la Regione Campania ha avviato un difficile e oneroso percorso di ristrutturazione delle opere e dei sistemi di gestione, tutt’ora in corso.

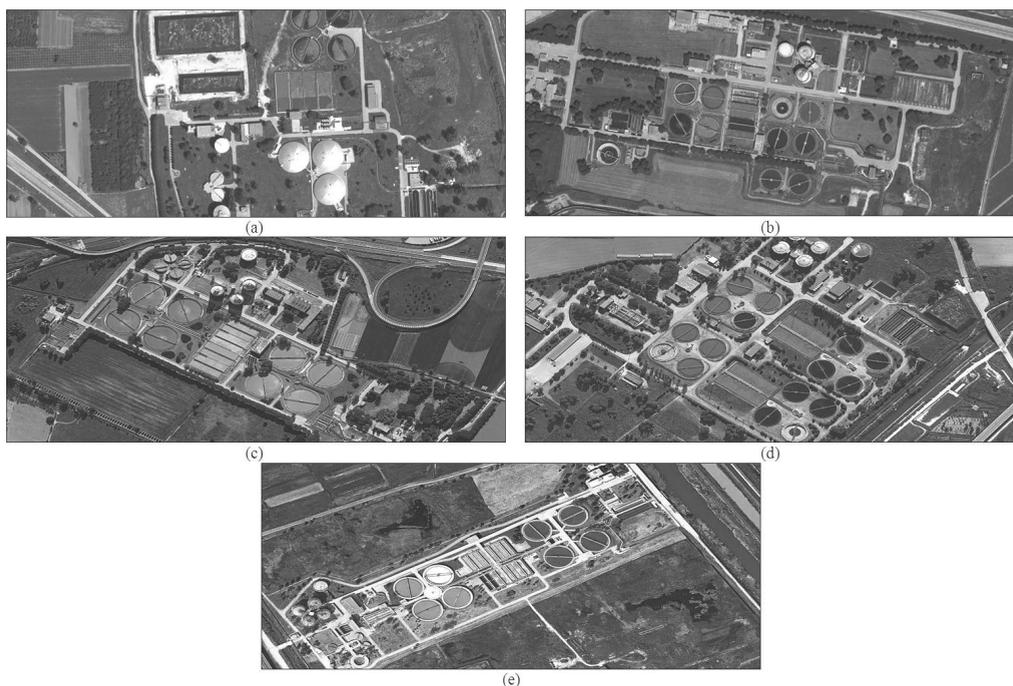


**Fig. 1** – Il comprensorio dei Regi Lagni, Regione Campania

## 2. Relazione

I Regi Lagni erano un'opera di bonifica realizzata durante il regno spagnolo nell'Italia Meridionale; l'opera era essenzialmente costituita da un reticolo di canali scavati nella terra per drenare le acque di un territorio spesso paludoso.

Il bacino si estendeva su un'area di circa centomila ettari, attraversando il cuore produttivo delle province di Napoli e Caserta. Le canalizzazioni delle acque di scolo dei terreni del 600 furono profondamente trasformate a partire dalla metà del secolo scorso. Per più di 400 anni la bonifica aveva messo fine al problema secolare delle inondazioni del fiume Clanio nella "Campania Felix" e mitigato la malaria nell'entroterra. La fertile pianura a nord del capoluogo traeva beneficio da quest'opera di ingegneria idraulica con attività agricole e zootecniche uniche per pregio ed abbondanza. Oggi quest'ampia zona della Piana Campana, a sud del fiume Volturno (Vedi Fig. 1), è in gran parte antropizzata e densamente popolata, sede di uno dei maggiori disastri ambientali del nostro Paese. In questo contesto il problema dei rifiuti della "terra dei fuochi" è solo l'aspetto più eclatante di una contaminazione che riguarda anche le acque dell'entroterra e del tratto di mare del litorale domizio tra Napoli a Gaeta. In particolare l'area in crisi, così come suddivisa in sistemi comprensoriali dalla CASMEZ, interessa circa cento 100 comuni dell'area a nord del Vesuvio asserviti per la gestione delle acque reflue in 5 comprensori, facenti capo ciascuno ad un proprio impianto di depurazione (Vedi Fig. 2): (i) Area Nolana (Marigliano - NA); (ii) Acerra (Acerra - NA); (iii) Napoli Nord (Orta di Atella - NA); (iv) Area Casertana (Marcianise - CE); (v) Foce dei Regi Lagni (Villa Literno - CE).



**Fig. 2** – Impianti di depurazione per le acque reflue urbane: (a) Area Nolana; (b) Acerra; (c) Napoli Nord; (d) Area Casertana; (e) Foce dei Regi Lagni.

Il mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità delle acque (si sarebbe dovuto raggiungere lo stato di buono nel 2016) ha indotto la magistratura a coinvolgere l'ENEA come osservatore “super partes” per valutare le capacità depurative dei principali impianti di trattamento dei reflui nell'area dei Regi Lagni. Il quesito fa parte di una consulenza più ampia richiesta nell'ottobre 2006 dalla Procura della Repubblica di S. M. Capua Vetere (CE) all'ENEA per l'individuazione delle cause di degrado e contaminazione in una vasta area a nord della città di Napoli e successivamente richiesta dalla Procura di Nola per la gestione della fase di sequestro giudiziario del depuratore Area Nolana.

Va detto che già all'inizio degli anni duemila l'ENEA aveva concluso uno studio ambientale per la caratterizzazione dei livelli di inquinamento delle zone servite dai regi canali di bonifica e del tratto di mare in prossimità della foce.

Qui si analizzano alcuni aspetti sullo stato degli impianti di depurazione dei reflui fognari, aggiornando l'analisi sulla funzionalità delle strutture e delle macchine: in particolare si prendono in considerazione le capacità di trattamento in relazione alle modifiche avvenute tra il 2001 ed il 2010. L'incarico è stato svolto con il supporto della Guardia di Finanza del nucleo di Polizia Tributaria di Caserta e l'ARPAC dip. di Caserta, condividendo gli obiettivi da focalizzare in relazione alla tempistica ed alla complessità dell'incarico, nonché dei mezzi e delle risorse disponibili.

I documenti che hanno contribuito maggiormente alle valutazioni espresse nel presente lavoro, oltre ai rilievi e all'esperienza diretta, possono ricondursi in sintesi ai seguenti gruppi:

- Relazioni di esercizio del processo depurativo prodotte dai gestori degli impianti;
- Elaborati progettuali tratti dal “Progetto preliminare per l'adeguamento dei collettori e degli impianti del PS3
- Verbali di sopralluogo presso gli impianti di trattamento

In Sintesi dalle indagini emerge un quadro peggiorativo rispetto all'analisi svolta nel 2001. Per i depuratori vengono indicati gli interventi più urgenti necessari a rendere il processo depurativo in linea con gli standard di trattamento biologico di reflui urbani mediante tecnologia a fanghi attivi a coltura sospesa e digestione anaerobica dei fanghi. Come si nota, il trascorrere del tempo ha comportato un generalizzato peggioramento della situazione (Vedi Tab. 1 e 2). Infatti, su 30 punti messi in luce dall'ENEA nel 2001 per i cinque "Mega Depuratori" si registrano: 16 mancati interventi; 10 Peggioramenti; 4 miglioramenti.

| Prescrizione ENEA - Indagini 2002: Confronto con le criticità evidenziate dall'Enea nel 2010  |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|---|--|
| Impianto  | Acerra  | Area Casertana  | Area Nolana   | Napoli Nord   | Foce Regi Lagni  |
| Ristrutturazione di tutte le fasi di trattamento;   |  |  |  |  |  |
| Realizzazione di specifiche fasi di denitrificazione e di rimozione del fosforo;  |  |  |  |  |  |
| Realizzazione di una fase di filtrazione finale a monte del processo di disinfezione;   |  |  |  |  |  |
| Migliorare la qualità dell'effluente per il riuso agricolo delle acque, anche mediante tecniche di disinfezione ecocompatibile;             |  |  |  |  |  |
| Valutare l'impiego agronomico del fango biologico dopo compostaggio o essiccamento.   |  |  |  |  |  |
| Ristrutturazione della linea di trattamento dei fanghi ripristinando la digestione anaerobica e il recupero energetico del biogas prodotto; |  |  |  |  |  |

Tab. 1 – Andamento delle criticità evidenziate dall'ENEA nel periodo 2001 – 20010

Si deve però tenere conto che le cinque situazioni in miglioramento riguardano tutte l'impianto di Nola, che ha una taglia inferiore rispetto altri impianti del comprensorio dei Regi Lagni (400.000 Abitanti Equivalenti), mentre i peggioramenti sono sugli impianti di più grossa taglia (800.000 AE). La situazione riscontrata si può riassumere nei seguenti punti:

- Generalizzata inadeguatezza dello schema funzionale di progetto a rispettare le performance di abbattimento degli inquinanti previsti dalla normativa vigente;
- Assenza di efficienti sistemi di controllo sulla rete di collettori ed all'interno dei depuratori;
- Assenza di documentazione tecnica aggiornata descrittiva delle opere e dei processi realmente effettuati.

| Parametro<br><br>Impianto         | Potenzialità*                        |   |  |                               | Efficienza Linea Acque<br>% di Abbattimento |      |                 | Linea fanghi                               |  |                                |                       | Altri Indicatori     |  |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|-------------------------------|---|------|-----------------|--|--|--------------------------------|-----------------------|----------------------|--|
|                                   | Portata<br>Mm <sup>3</sup> /<br>mese | Dati<br>progetto<br>[AE <sub>prog</sub> ] | Dati<br>Gestore<br>[AE <sub>2010</sub> ] | $\frac{AE_{2010}}{AE_{prog}}$ | BOD <sub>5</sub> t                          | SST  | NH <sub>3</sub> | Produzione / Consumi                       |  |                                |                       | Personale            | Addetto.                                 |
|                                   |                                      |   |  |                               |   |      |                 | fanghi<br>kg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub> | Sabbie<br>kg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub> | Biogas<br>m <sup>3</sup> /mese | kWh<br>m <sup>3</sup> | Numero<br>di addetti | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup><br>pers d |
| Acerra                            | 1,49                                 | 828.000                                   | 252.000                                  | 30,4%                         | 89 %  | 88%  | 81 %            | 0.32                                       | - 0  | - 0                            | n.d.                  | 47                   | 1.05                                     |
| Foce R. Lagni **<br>Villa Literno | 3,205                                | 632.000                                   | 500.000                                  | 80%                           | 84 %  | 72%  | 20 %            | 0  | 0.04                                       | - 0                            | 0.16                  | 69                   | 1.54                                     |
| Napoli Nord<br>Orta di Atella     | 1,965                                | 886.000                                   | 227.400                                  | 26%                           | 84 %  | 81 % | 16 %            | 0.56                                       | - 0  | - 0                            | 0.56                  | 68                   | 0.96                                     |
| Area Nolana                       | 2.56                                 | 311.000                                   | 406.000                                  | 130%                          | 93 %  | 88 % | 80 %            | 0.16                                       | 0.125                                      | - 0                            | 0.48                  | 48                   | 1.03                                     |
| Area Casertana<br>Marcianise      | 4,580                                | 800.000                                   | 850.000                                  | 106%                          | 85 %  | 78 % | 47.9 %          | 0.30                                       | 0.015                                      | 26.000                         | 0.22                  | 84                   | 1.08                                     |
| Totale                            |                                      | 3.5x10 <sup>6</sup>                       | 2.2x10 <sup>6</sup>                      | 65%                           | 86%   | 80%  | 48%             | 0.2  | 0.03                                       | 26.000                         | 0.29                  | 316                  | 1.19                                     |

Note: \* Potenzialità espressa in Abitanti Equivalenti [AE], valutati secondo la portata idrica influente  
\*\* I dati non tengono conto del fermo impianto nei mesi di Marzo ed Aprile 2007 per danni al sollevamento iniziale.

**Tab. 2 – Sintesi delle capacità prestazionali dei depuratori dei Regi-Lagni (Dati forniti dai gestori alla Regione Campania)**

La drammatica situazione sopra descritta trova conferma nei valori degli inquinanti riscontrati nelle acque scaricate dai depuratori. In particolare facendo riferimento ai dati rilevati di Caserta tra il 2006 ed il 2008, (Vedi Tab 3) l'impianto di Napoli Nord ha il 100% dei campioni al di sopra dei limiti di legge.

| Impianto                           | N°<br>Prelievi | Risultato     |                        | Parametri con maggiore frequenza di superamento |        |     |
|------------------------------------|----------------|---------------|------------------------|---|--------|-----|
|                                    |                | Nei<br>Limiti | Superiore<br>ai limiti | NH <sub>3</sub><br>(ammoniaca)                  | E.coli | COD |
| Napoli Nord<br>(Orta di Atella )   | 27             | 0             | 27                     | 25  | 19     | 15  |
| Foce Regi Lagni<br>(Villa Literno) | 27             | 4             | 22                     | 22  | 7      | 5   |
| Area Casertana<br>(Marcianise)     | 30             | 20            | 10                     | 5   | 5      | 0   |

**Tab. 3 – Sintesi della conformità degli scarichi dei depuratori dei regi lagni controllati dall'ARPAC dip. di Caserta**

### 3. Conclusioni

Le indagini dell'ENEA sui Regi Lagni seguono l'evoluzione delle problematiche ambientali legate al ciclo dell'acqua negli ultimi decenni in un contesto particolarmente critico. I dati analizzati hanno dimostrato che il peso riversato sul sistema di collettori, e in cascata sugli Impianti di Depurazione, ha messo in crisi l'intero sistema comprensoriale del PS3 CASMEZ e soprattutto ha evidenziato l'assenza di un programma di interventi in grado di contribuire realmente ad alleggerire l'attuale situazione di disastro ambientale.

A fronte di una problematica di rilevanza nazionale appare ancora limitata la capacità di direzionare in maniera utile gli investimenti. L'intervento della magistratura ed il contributo

dell'Enea hanno dimostrato, almeno per la linea Acque del Depuratore Area Nolana, che è possibile creare un modello di intervento esportabile agli altri impianti.

### **Bibliografia**

[1] **Pica R., Pisanisi F., Tebano C., Cesaro G.**, “Regi Lagni: Revamping of the Wastewater Treatment Plant “Area Nolana” Without Service Interruption” - Energia Ambiente Innovazione n. 4-5 - 2012 pp. 115 -122, Ed. ENEA;

[2] **De Feo G., De Gisi S., Ferrante A., Galasso M., De Rosa R., Giuliani A., Guadagnuolo S., Pucci L.** “Il primo anno di esercizio dell’impianto di depurazione di Nocera Superiore”, IA Ingegneria Ambientale vol. XXXVIII n. 6 - 2009, pp.310-317, Cipa Editore, Milano.

[3] **Galasso M., Gallucci P., De Gisi S., De Feo G.**, “Revamping e upgrading dell’impianto di depurazione a servizio del nucleo industriale ASI di Ponte Valentino – Benevento”, In Atti del Workshop “Upgrading e gestione degli impianti di trattamento delle acque di scarico” – esperienze nazionali a confronto - Perugia, Villa Umbra 22-23 ottobre 2009.

[4] **De Feo G., De Gisi S., Galasso M.**, Acque reflue, Progettazione e gestione di impianti per il trattamento e lo smaltimento, 2012 Dario Flaccovio Editore Srl, ISBN 9788857901183

# EFFICIENT CIRCULAR INDUSTRY

## CARBON FOOTPRINT, FAVORIRNE IL CALCOLO E LA RIDUZIONE NELLE ORGANIZZAZIONI ITALIANE

Le organizzazioni pubbliche e private sono chiamate a misurare, ridurre e comunicare le proprie emissioni di gas ad effetto serra (*carbon footprint* o impronta di carbonio) o l'intera impronta ambientale, in risposta da un lato alle esigenze di un mercato sempre più consapevole, e dall'altro alla lotta al cambiamento climatico e all'inquinamento. Queste esigenze hanno già portato a profondi cambiamenti di mercato e di politiche industriali. La sessione discute come supportare il sistema produttivo nazionale in questa sfida, cogliendo l'opportunità offerta dal progetto europeo CLIM'FOOT "*Climate Governance: Implementing Public Policies to Calculate and Reduce Organisation Carbon Foot Print*". Il progetto ha l'obiettivo di sviluppare una banca dati di fattori emissivi e altri strumenti operativi, e guiderà complessivamente più di 50 organizzazioni nella quantificazione dell'impronta di carbonio e nell'identificazione delle misure per una sua riduzione. La sessione presenta casi di successo di calcolo della *carbon footprint* delle organizzazioni, le iniziative e le opportunità presenti sul territorio nazionale.

A cura di: **ENEA ed Ecoinnovazione**

**Presidenti di sessione:**

- Thomas Gourdon, *Service Climat – ADEME, capofila progetto ClimFoot*
- Simona Scalbi, *ENEA*
- Alessandra Zamagni, *Ecoinnovazione Srl*



# Impronta ecologica ed economia circolare

Marino Cavallo ([marino.cavallo@cittametropolitana.bo.it](mailto:marino.cavallo@cittametropolitana.bo.it)), Valeria Stacchini ([valeria.stacchini@cittametropolitana.bo.it](mailto:valeria.stacchini@cittametropolitana.bo.it)), Progetto CESME

## Riassunto

*L'impronta ecologica è uno degli indicatori più efficaci degli impatti sull'ambiente e un importante supporto alle decisioni. Una soluzione al problema dei crescenti impatti ambientali è offerta dall'economia circolare. Questa offre anche alle imprese opportunità per fare business innovativi: i risultati ottenuti da Orangebox lo testimoniano. Il progetto CESME si propone di diffondere presso le pmi questi nuovi sistemi di business.*

## Summary

*The ecological footprint is one of the most effective indicators of environmental impacts and an important decision support tool. A solution to the problem of environmental impacts growing is offered by the circular economy. At the same time the circular economy offers companies opportunities for innovative business: the results obtained by Orangebox witness. CESME project aims to spread among SMEs these new business systems.*

## 1. Introduzione

Il concetto di impronta ecologica ha rappresentato uno degli indicatori più efficaci dell'impatto delle attività dell'uomo sulla natura e sugli ecosistemi. Nel corso del tempo, l'impronta ecologica si è caratterizzata come un efficace strumento di calcolo per stimare l'impiego di risorse e proiettarne i risultati in termini di consumo di risorse e di territorio. Dobbiamo al gruppo di studiosi del System Dynamics Group del MIT il merito di aver compreso, con largo anticipo, l'esigenza di disporre di modelli scientifici previsionali in grado di monitorare gli effetti dell'attività antropica sul nostro pianeta. A partire dagli anni '70 del secolo scorso, la periodica e documentata pubblicazione di analisi basate su modelli matematici e statistici delle variazioni indotte dalle attività umane, industriali e dei sistemi di trasporto, ha trovato spazio nei libri pubblicati sotto l'egida del Club di Roma. Prima "I limiti dello sviluppo", poi tutti gli studi successivi hanno avuto il merito di concentrare l'attenzione dell'opinione pubblica e della comunità scientifica sull'evoluzione delle variabili ambientali critiche nei principali ecosistemi del nostro pianeta [1], [2], [3].

A questa corrente anticipatoria di ricerche, capaci di mostrare in modo scientificamente articolato e con illuminante precisione, cause ed effetti delle attività umane, industriali, agricole si iscrive idealmente il quadro concettuale che è alla base anche del metodo dell'impronta ecologica.

## 2. L'impronta ecologica un prezioso supporto alle decisioni

La scelta di Wackernagel, non a caso, si focalizza sugli indicatori, pienamente consapevole della rilevanza di un "sistema di supporto alle decisioni" capace di mappare i problemi ma anche di mostrare delle possibili soluzioni e vie di uscita.

Non solo, l'idea di Wackernagel non è unicamente difensiva, ma coglie appieno le potenzialità espansive e creative collegate all'impronta ecologica. Proprio qui intravediamo un seminale e anticipatorio riferimento alle possibili interazioni con l'economia circolare laddove l'autore indica come essenziale la minimizzazione di impiego di risorse esterne e quindi la conseguente chiusura dei cicli di impiego delle risorse [4].

Nella sua semplice definizione, l'impronta ecologica fotografa in modo molto preciso l'enorme divario che esiste ormai tra la natura *energivora* dei sistemi industriali e la capacità dell'ambiente di riprodurre e rigenerare le risorse consumate. Non solo, l'impronta ecologica lasciata sul pianeta dalle diverse aree economiche e Paesi evidenzia in modo molto marcato il profondo divario che esiste tra l'Occidente a forte crescita economico produttiva, le aree economiche emergenti e la parte di mondo non ancora toccata dallo sviluppo e dall'ipersviluppo [4].

Pavan Sukhdev, ex Direttore Deutsche Bank, nel Rapporto sulla Green Economy, redatto per UNEP [5], mostra attraverso numeri reali come lo sviluppo ambientalmente sostenibile non sia una barriera alla crescita, quanto piuttosto un nuovo carburante per una crescita sostenibile, per la creazione di nuova occupazione e combattere la povertà.

L'impronta ecologica è un indice sintetico, un modo per stimare e comunicare la quantità di risorse utilizzate e il carico esercitato. L'intuizione più importante dei ricercatori che hanno messo a punto il concetto di impronta ecologica risiede proprio nell'aver tradotto i complessi flussi di energia e materia che caratterizzano le attività umane in un indice dal forte impatto comunicativo. Dagli anni '80 stiamo vivendo in overshoot, ovvero al di sopra dei nostri mezzi, con una domanda annuale di risorse molto al di sopra di quanto la Terra riesca a generare ogni anno (ogni anno "consumiamo" circa un pianeta e mezzo). Com'è possibile ridurre questi impatti?

### **3. L'economia circolare: una via d'uscita propositiva**

Se l'impronta ecologica disegna lo scenario e rende visibili i fenomeni favorendo la costruzione di un sistema di supporto alle decisioni e alle analisi, l'economia circolare si sta caratterizzando come possibile soluzione e via d'uscita propositiva al problema dei crescenti impatti delle attività umane sul territorio e sull'ambiente. Come noto, nel modello di Pauli [10], i meccanismi chiave dell'economia circolare fanno riferimento alla *biomimesi*, cioè all'imitazione dei processi naturali che trasformano risorse senza generare dissipazione (energetica o di componenti fisiche).

Per Commoner è indispensabile passare da processi industriali di tipo lineare a processi industriali caratterizzati dalla circolarità. Chiudere il cerchio; non è semplicemente uno slogan ma il concetto chiave del suo saggio più innovativo e visionario: Il cerchio da chiudere, scritto nel 1971. Questo libro ha avuto un formidabile impatto nel dibattito degli ecologisti, degli economisti, dei decisori politici e degli esperti che a livello internazionale perché affermava alcuni concetti semplicissimi e nel contempo molto potenti: tutte le cose in natura sono connesse tra di loro e ogni azione su una parte dell'ambiente e dell'ecosistema determina effetti su molte altre. E inoltre, ogni cosa finisce da qualche altra parte generando impatti ed effetti che se non sono gestiti diventano potenzialmente problematici.

Il termine economia circolare è diventato sempre più popolare negli ultimi anni. È stata portata l'attenzione di politici e decisori in particolare dal rapporto promosso dalla Ellen MacArthur Foundation [11] nel quale la McKinsey, prestigiosa società internazionale di consulenza, ha calcolato il potenziale dell'economia circolare in termini economici: +7% del Pil europeo. I principi dell'economia circolare non sono però una novità: il concetto di un'economia in cui il ciclo di vita dei prodotti è esteso ai fine di ridurre l'esaurimento delle risorse naturali è già stato descritto nel 1984 da Stahel [12] per esempio, e successivamente da Braungart e McDonough [13]. Il concetto di economia circolare è però se vogliamo più ampio: perché pre-

suppone un nuovo sistema economico, con nuove collaborazioni, spesso fra settori differenti, focalizzandosi su nuovi prodotti e servizi. Secondo la definizione proposta da WRAP (Waste and Resources Action Programme del Regno Unito) [14] l'economia circolare è l'alternativa all'economia lineare tradizionale make-use-dispose (fai, usa, smaltisci), non più praticabile ed economicamente razionale. L'economia circolare vuole valorizzare i prodotti in modo diverso, e trarre il maggiore valore da ogni singola parte del processo, riducendo gli scarti e allungando il ciclo di vita. Per fare questo, occorre valutare come progettiamo, costruiamo, vendiamo, riutilizziamo e ricicliamo i prodotti, al fine di ottenere il massimo valore, sia in uso che nel fine vita.

Inoltre, il gruppo di ricercatori che fa riferimento al Club di Roma ha recentemente evidenziato i benefici dell'economia circolare per la società [15] e la potenziale creazione di posti di lavoro in molti settori. L'economia circolare infatti è un'economia a forte intensità di lavoro, incentrata più che sulla vendita di prodotti nell'offerta di servizi di alta qualità. Secondo una stima prudenziale i nuovi posti di lavoro creati in Italia sarebbero 199mila (III Forum Rifiuti, Roma giugno 2016), al 2030 Wrap ipotizza addirittura 3 milioni di nuovi posti di lavoro in Europa tra diretti e indotti. Un'economia più attenta all'uso delle risorse genererebbe dunque, benefici sostanziali non solo in termini ambientali, ma anche economici e occupazionali. Oltre l'approccio compensativo e riparativo, l'economia circolare consente dunque di ridisegnare in modo sistemico l'economia ecologica e di intervenire sui processi che provocano l'estensione dell'impronta ecologica. L'uso efficiente delle risorse è uno dei principali fattori di competitività delle imprese. Le imprese manifatturiere europee spendono infatti in media il 40% dei loro costi in materie prime, quota che sale al 50% dei costi totali di produzione se si includono anche energia e acqua, da confrontarsi con una quota del 20% per il costo del lavoro [16]. Vediamo ora qualche esempio virtuoso di processi produttivi circolari, e conseguentemente a ridotta impronta ecologica.

#### **4. Orangebox e il percorso verso la sostenibilità**

Un esempio emblematico è sicuramente quello di Orangebox [17], un'impresa gallese leader nel Regno Unito nel design e realizzazione di arredi per l'ufficio, con un business in rapida crescita e una rete di distribuzione globale, anche se il suo mercato ruota principalmente intorno a Londra. Il suo pluripremiato successo è stato il risultato di un processo di progettazione front-end, guidato da un team interno fortemente impegnato sul tema dell'eco-innovazione oltre che sul successo commerciale, e che punta su materiali sostenibili e riciclabili, longevità del ciclo di vita dei prodotti e quindi fidelizzazione dei clienti. Negli ultimi tre anni Orangebox ha quasi raddoppiato il proprio fatturato e sta vendendo una percentuale sempre crescente di prodotti premium.

Questo percorso di attenzione ai temi della sostenibilità è iniziato nel 1998 con la certificazione ISO14001 (prima impresa produttrice di arredi per ufficio nel Regno Unito) e l'impegno per il miglioramento continuo nella gestione dei sistemi e processi, assicurando il monitoraggio degli impatti ambientali. La certificazione ISO14001 ha rappresentato una piattaforma chiave per guidare le iniziative intraprese e stimolare il miglioramento continuo, a partire dai processi interni.

Nel 2008 Orangebox pubblica il primo rapporto ambientale "No green bull", il cui titolo rimanda alla terminologia finanziaria ripresa da Wackernagel [18]: i tori (bull) sono i soggetti più competitivi e gli orsi (bear) quelli meno, mentre con rosso e verde si segnala lo stato di debito o di credito ecologico. L'azienda dichiara così il proprio debito ecologico.

## Our Sustainability Journey

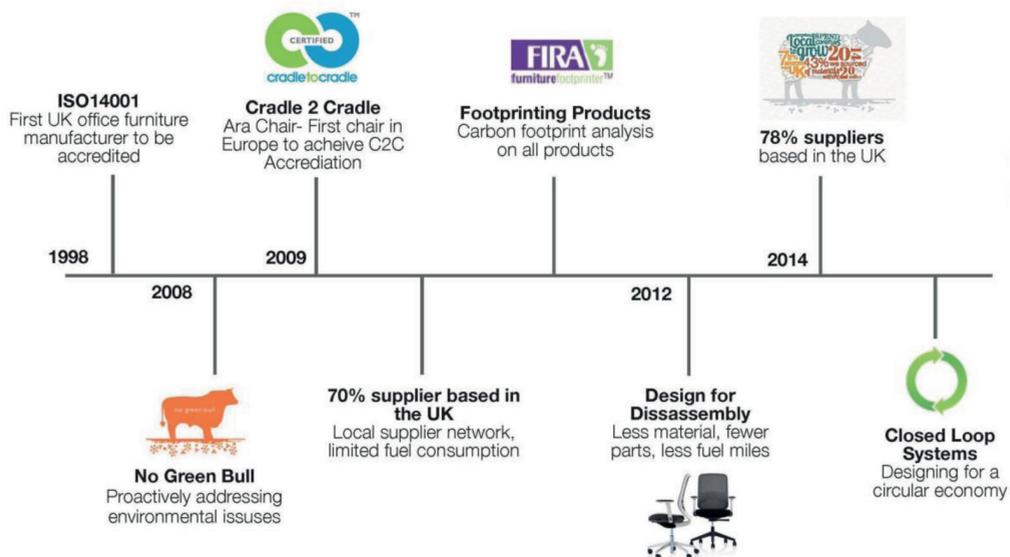


Fig. 1 – Le tappe del percorso di Orangebox verso la sostenibilità

Fonte: Orangebox, No Green Bull\* 2015, p. 5 [http://www.orangebox.com/responsibility/no\\_green\\_bull](http://www.orangebox.com/responsibility/no_green_bull)

Orangebox non si è fermata qui. Ha sentito la necessità di scoprire come migliorare ulteriormente, affrontando la possibilità di riutilizzo dei materiali dopo la vita utile dei propri prodotti. In questa fase le spinte al miglioramento provengono indicativamente per il 90% dalla squadra di progettazione interna e per il 10% dalla domanda del mercato. La richiesta di un cambiamento da parte del mercato, di maggiore consapevolezza e domanda di prodotti sostenibili, tuttavia ha fatto sì che la direzione fosse a bordo.

Orangebox non si è fermata qui. Ha sentito la necessità di scoprire come migliorare ulteriormente, affrontando la possibilità di riutilizzo dei materiali dopo la vita utile dei propri prodotti. In questa fase le spinte al miglioramento provengono indicativamente per il 90% dalla squadra di progettazione interna e per il 10% dalla domanda del mercato. La richiesta di un cambiamento da parte del mercato, di maggiore consapevolezza e domanda di prodotti sostenibili, tuttavia ha fatto sì che la direzione fosse a bordo.

Nel 2007 Gareth Banks, responsabile del design, si imbatte nel concetto di “cradle to cradle” attraverso il lavoro di M. Braungart assistendo ad un intervento inerente una ricerca sul tema più ampio del commercio. Secondo questo approccio tutti i materiali in entrata e in uscita da un processo sono visti come nutrienti tecnici o biologici: i nutrienti tecnici possono essere riutilizzati o riciclati senza perdita di qualità, i nutrienti biologici compostati o consumati. Questo significa che i materiali che contribuiscono alla realizzazione di un prodotto mantengono il loro valore dopo il riciclaggio e possono essere riutilizzati per le generazioni future. Nel 2009 l’Ara Chair di Orangebox è la prima sedia in Europa a conseguire la certificazione Cradle to cradle. Questo metodo ha insegnato molto all’azienda sull’importanza della progettazione, in particolare sull’utilizzo di materiali sicuri, che non rilascino sostanze chimiche nocive per gli utilizzatori e gli ecosistemi. Inoltre ha posto l’attenzione dell’azienda anche alla fase del fine vita, portandola ad interrogarsi su come i propri prodotti possano essere riutilizzati, al fine di eliminare il concetto di rifiuto.

Anche se applicata solo su un singolo prodotto e i relativi processi, questa esperienza è diventata un catalizzatore per valutare e migliorare la società nel suo complesso. Il conseguimento della certificazione è stata certamente molto impegnativa e costosa. Questo progetto però ha portato a ulteriori considerazioni che si estendono a tutta la catena del valore della società, in particolare emerge la necessità di comunicare ai clienti con onestà e chiarezza, in modo che possano prendere decisioni informate. La certificazione Cradle to cradle però è poco conosciuta e difficilmente comunicabile. Così lo step successivo consiste nel commissionare l'analisi dell'impronta di carbonio su tutta la gamma di prodotti dell'azienda. E da qui il passo verso l'economia circolare è breve.

L'impronta di tutti i prodotti Orangebox è consultabile sul catalogo online nelle schede relative ai dati ambientali di prodotto. L'impronta mette a segno il proprio messaggio attraverso accattivanti info grafiche, fissandolo con il valore e la credibilità di un indicatore elaborato con criteri rigorosamente scientifici. L'impronta, in quanto indicatore, fotografa la situazione, ovviamente non la risolve. Ma permette di conoscere e comunicare i risultati raggiunti. E consente ai clienti una scelta più consapevole.



**Fig. 2 – I dati ambientali e l'impronta della sedia Ara**

Fonte: [http://www.orangebox.com/img/prod/product\\_range/ara/literature/PDF/Ara\\_alu\\_environmental\\_data.pdf](http://www.orangebox.com/img/prod/product_range/ara/literature/PDF/Ara_alu_environmental_data.pdf)

Nel 2012 nasce la sedia Do, che pur non essendo certificata rappresenta un miglioramento delle prestazioni dell'Ara: progettata per lo smontaggio, utilizza una quantità di materie prime ridotte (è più leggera del 25%, ha un 27% in meno di parti), riducendo anche i costi energetici e di produzione (il tempo di montaggio è ridotto del 30%). La sedia Do è attualmente la loro sedia più venduta: come sostenuto da Banks, tutte le iniziative verso la sostenibilità

avviate da Orangebox non hanno ottenuto il solo risultato di ridurre gli impatti ambientali, ma hanno anche permesso all'azienda di risparmiare soldi e aumentare la propria efficienza a lungo termine, nonché migliorare la propria reputazione.

A partire dal 2014 Orangebox ha lavorato al progetto "Una sedia da ufficio per la vita", ponendosi l'obiettivo di definire un sistema di vendita improntato alla circular economy, interessandosi all'intero ciclo di vita dei prodotti, secondo un approccio integrato verticalmente. Nel 2015 hanno così iniziato a sviluppare un servizio di ritiro e rigenerazione per uno dei loro prodotti più venduti, la sedia G64. Questo ha portato ad approntare un centro di riciclaggio e fornire ai clienti un servizio di ritiro attraverso la propria rete di distribuzione esistente, utilizzando lo spazio vuoto nei camion dopo la consegna. L'obiettivo è quello di fornire un servizio migliore ai propri clienti, offrendo il ritiro delle vecchie sedie prima di consegnare le nuove, ma ha avuto un effetto a catena. Orangebox ha iniziato a smontare le vecchie sedie per recuperare i materiali: ad un operaio servivano 45 minuti per lo smontaggio e il costo del lavoro risultava superiore a quello dei materiali recuperati. Questo ha fatto sì che fosse ripensata la progettazione degli stessi prodotti, come per la sedia Ara, e si pensasse alla rigenerazione. Una grossa difficoltà per l'azienda è inoltre rappresentata dalla reverse logistics: provvedere al ritiro, immagazzinamento e rigenerazione delle sedie ritirate. Orangebox ha superato questa difficoltà identificando una serie di partner nella sua catena di fornitori fra cui un'impresa sociale locale. Orangebox sta lavorando alla costituzione di un brand indipendente responsabile per la vendita delle sedie rigenerate. Al momento si è in una fase di test, ma i potenziali sono evidenti: è stato calcolato che attraverso il prodotto e il servizio sviluppato nell'ambito del progetto è possibile ridurre l'intensità dell'utilizzo delle risorse fino al 75% e che sarà possibile evitare il conferimento in discarica di 375 tonnellate, generare volumi di vendita per circa 5 milioni di sterline all'anno e un valore aggiunto di circa 2,5 milioni di sterline annue per la supply chain di Orangebox. I test hanno evidenziato che il 98% delle sedie G64 sono riciclabili e le sedie rigenerate possiedono un 78% di materiali riciclati. Il calcolo dell'impronta al carbonio ha evidenziato che questo comporta una riduzione di 32,44 kg di CO<sub>2</sub> rispetto alla produzione di una nuova sedia. I risparmi derivano principalmente dal riutilizzo delle parti metalliche e plastiche. Le sedie rigenerate non richiedono infatti ulteriore alluminio e 75% di acciaio in meno. La richiesta di polipropilene diminuisce del 45% e del 66% quella di nylon. Il ricondizionamento inoltre determina un nuovo flusso di entrate per l'impresa e la sua catena del valore. Tenendo in considerazione i costi di rigenerazione, le sedie ricondizionate generano fra il 60 e il 90% del valore di vendita di una nuova sedia.

Gran parte del pensiero sulla sostenibilità è stato trainato dal team di progettazione con il supporto dei direttori, che, anche se ben informati sul tema della sostenibilità in generale, a quel tempo non lo ponevano fra i loro obiettivi primari. Questo è cambiato a seguito del progetto legato alla sedia Ara, ed ora è una considerazione fondamentale per tutti i livelli. Le esperienze maturate hanno evidenziato come lo sviluppo dei prodotti e il modello di business dovrebbero essere sviluppati in sinergia e come l'attuazione di un modello economico circolare richieda conoscenze e competenze spesso esterne a una piccola e media impresa. Lo sviluppo di sistemi di supporto/collaborazioni innovativi sono vitali per promuovere l'economia circolare presso le pmi.

## **5. Il progetto CESME**

Orangebox è una delle buone pratiche individuate dal progetto Interreg Europe "CESME – Circular Economy for SMEs" [20] in cui è attualmente impegnata la Città metropolitana di Bologna, insieme a Ervet, Agenzia di Sviluppo dell'Emilia-Romagna. CESME si pone l'obiettivo di supportare le piccole e medie imprese nell'approcciare l'economia circolare. Il progetto mira a stimolare lo scambio di buone pratiche tra le diverse regioni aderenti, stimolando il dibattito e la riflessione non solo in termini di politiche attivabili, ma anche di strumenti utili

per le aziende (ad esempio il calcolo del ritorno sugli investimenti). CESME ha preso avvio lo scorso aprile e si svilupperà fino a ottobre 2017 (seguiranno poi 2 anni di monitoraggio). A maggio i partner di progetto si sono incontrati per la prima volta a Cardiff, dove hanno avuto modo di visitare lo stabilimento di Orangebox e approfondire il progetto di ricondizionamento delle sedie da ufficio, e confrontarsi sullo stato dell'arte a livello locale. Durante i prossimi meeting saranno approfondite ulteriori buone pratiche che saranno raccolte in una guida. In concomitanza con Ecomondo, quest'anno incentrata proprio sulla Circular Economy, sarà l'Emilia-Romagna ad ospitare il meeting di progetto.

## 6. Conclusioni

L'impronta ecologica ridisegna i confini della sostenibilità e rende palesi i forti legami che intrecciano ambiente, economia, società [20]. L'economia circolare offre risposte concrete, economicamente percorribili e anche opportunità per fare business innovativi alle imprese. Se si diffonderanno pratiche di economia circolare forse riusciremo sia a ridurre l'impronta che lasciamo sul pianeta, sia a rilanciare l'economia uscendo dalla crisi con processi industriali migliori e con aziende più competitive e moderne.

Per politiche efficaci occorre però anche sviluppare approcci basati sulle trasformazioni dei comportamenti individuali e dei significati del consumo. È necessario introdurre indicatori di spreco e mettere in più stretto contatto le filiere produttive, distributive e commerciali. A questi obiettivi contribuiscono certamente nuove forme di marketing ecologico e processi diffusivi di etica e responsabilità sociale. I casi mostrati e le esperienze condotte a livello europeo delineano spazi di intervento molto interessanti e ci confortano sulla futura espansione dell'economia circolare nel nostro sistema produttivo e sulla progressiva capacità di restringere i contorni della nostra ingombrante impronta ecologica.

## Bibliografia e sitografia

- [1] D.H. Meadows et al., *The Limits to Growth, The Club of Rome*, 1972
- [2] D.H. Meadows, *Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*, 1992
- [3] J. Randers, *2052: A Global Forecast for the Next Forty Years*, 2012
- [4] M. Wackernagel, E. Rees, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, 1996
- [5] UNEP, *Rapporto sulla Green Economy*, 2011
- [6] G. Pauli, *The Blue Economy*, 2010
- [7] B. Commoner, *The Closing Circle*, 1971
- [8] N. Georgescu-Roegen, *Energy and economic myths: institutional and analytical economic essays*, 1976
- [9] H.E. Daly, *Steady-State Economics*, 1977
- [10] J. Rifkin, *Entropy: A New World View*, 1980
- [11] Ellen Macarthur Foundation, *Towards the Circular Economy, 2012-2013-2014*
- [12] W. Stahel, "The Product-Life Factor", 1984
- [13] M. Braungart, W. McDonough, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, 2002
- [14] WRAP <http://www.wrap.org.uk/>
- [15] A. Wijkman, K. Skånberg, *Circular Economy and benefits for society*, 2015
- [16] Europe INNOVA, *Guide to resource efficiency in manufacturing*, Brussels 2012
- [17] Orangebox [www.orangebox.com](http://www.orangebox.com)
- [18] M. Wackernagel, A. Sturm, *The Winners and Losers in Global Competition: Why Eco-Efficiency Reinforces Competitiveness: A Study of 44 Nations*, 2003
- [19] CESME <http://www.interregeurope.eu/cesme/>
- [20] J. Sachs, *The Age of Sustainable Development*, 2015

# An approach for the application of the Carbon Footprint as environmental indicator in the absorbent hygiene product sector

*Teodoro Gallucci*<sup>1</sup>, [teodoro.gallucci@uniba.it](mailto:teodoro.gallucci@uniba.it), Vera Amicarelli<sup>1</sup>, Giovanni Lagioia<sup>1</sup>, Paolo Piccinno<sup>2</sup>, Michele Minutillo<sup>2</sup>, Mauro Squeo<sup>3</sup>

1) University of Bari Aldo Moro - 2) P&R Project S.r.l. - 3) FAS S.p.a

## **Riassunto**

*Scopo di questo lavoro è mostrare come la Carbon Footprint (CF) potrebbe essere un efficace strumento di politica ambientale e aziendale. Il caso studio presentato si riferisce ad una PMI che opera nel settore della produzione di pannolini per bambini e assorbenti per l'igiene femminile nel sud Italia. Determinare il contributo alle emissioni di gas serra (GHG) dei prodotti oggetto di studio ha permesso all'azienda di rivedere tutta la filiera produttiva in termini di risorse impiegate (ricerca di materiali eco-compatibili), di riduzione di input energetici e di costi di produzione. L'originalità dello studio è aver calcolato per questa tipologia di prodotto di largo consumo la CF, un indicatore ambientale di "facile" e "diretta" interpretazione per consumatori finali e decision makers.*

## **Summary**

*The aim of this paper is to show how Carbon Footprint (CF) could be an efficient environmental policy tool. CF indicator highlights how it is strategic to integrate environmental and sustainable policies within company managerial system. This study is related to SME company operating in "Baby diapers" and "Feminine sanitary protection" product categories in south Italy, producing both baby disposable diapers and women sanitary napkins. The application of "Carbon thinking" has brought a) product re-design in sustainable way b) new foreign markets where efforts to neutralize CF are well appreciated. Case study originality is related to the CF assessment and its role within the environmental policies in baby disposable diapers and women sanitary napkins production new to this type of analysis.*

## **1. Introduction**

Industry is recognized as one of the main sources of environmental pollution and resource depletion, both causing environmental degradation. Particularly climate change becomes an urgent and serious global problem to limit and to solve.

Carbon Footprint (CF) seems to be an efficient environmental policy tool measuring the total set of greenhouse gas emissions caused directly and indirectly by an individual, event, organization or product and is expressed in carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub> equiv). It is interesting to note that, in spite of the "footprint" term, the CF is equivalent to the global warming characterized category in Life Cycle Assessment (LCA) studies, and it does not measure land

requirement as in the case of the Ecological Footprint. To calculate CF, emission quantities of individual gases (GHG) are converted to the measurement of CO<sub>2</sub> equiv using the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 100-year Global Warming Potential (GWP) factors.

In this paper a life cycle assessment approach may be used to evaluate the life cycle carbon footprint of baby disposable diapers and women sanitary napkins. The results of the study provide the publisher and material suppliers with information to reduce life cycle greenhouse gas (GHG) emissions. The study also informs consumers of the GHG emissions associated with the product. The results presented in this paper are a part of an ampler and complete research.

## 2. Paper

The production is located in Apulia Region and made by a company FAS s.p.a whose mission is the constant achievement of high quality standard by investing in high-tech equipment and raw materials even more environmentally friendly. This philosophy has brought the company to adopt the international standard ISO 9001:2008 and in the same time to implement a new production line more oriented towards the continuous improvement in product performance, product environmental performance (in terms of environmental impacts) and customer satisfaction. In line with this proactive approach, the company decided to calculate an environmental indicator such as CF with the aim of quantify GWP (global warning potential) related to products and evaluating all the single GHG (greenhouse gas) emission from cradle to grave. This further company effort would have resulted in:

- a detailed analysis of the entire production chain, highlighting all the possibilities to improve production efficiency in terms of natural resources and costs reduction;
- to be one of the first company to communicate the amount of CO<sub>2</sub> equiv emitted during the manufacturing, distribution, use and disposal of its products through a standardized environmental indicator [1];
- the possibility to reach new domestic and foreign markets even more interested in environmentally friendly products;
- the improvement of customer satisfaction.

This effort has been supported by Italian Ministry of Environment (IME), the company answered to a National call funded by IME which dispensed funds rewarding the best business projects for consumer products carbon footprint analysis with the final aim of identifying and implementing measures to reduce emissions.

### 2.1 Methodology

To calculate CF of baby disposable diapers and women sanitary napkins a life cycle approach is adopted including raw materials extraction and transformation, manufacturing, use and end-of-life stages (from cradle to grave). Figure 1 summarized the model utilized.

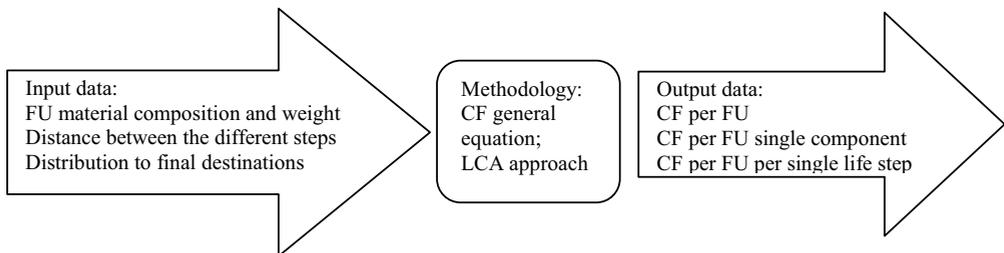


Fig. 1 – Developed model scheme

The functional units (FU) are: a single unit of baby disposal diaper “Nuvolotti 3/6 kg -21 pcs pack” whose single total weight is equal to 29.5 g and a single unit of women sanitary napkins “Anatomic day Morbidea - 16 pcs pack” including single primary packaging (PE film) whose single total weight is equal to 5.31 g. System boundary, in line with the regulatory requirements in force, considers the development of the entire life cycle of the two products analyzed from cradle to grave (see table 1).

| Upstream process                             | Core process                    | Downstream process  |
|--|---------------------------------|---|
| Raw material extraction and refining.        | Raw material transportation.    | Final products transportation to final customer.              |
| Raw material production.                     | Functional units manufacturing. | Functional unit consume phase.                                |
| Packaging raw material production.           |                                 | Functional unit and related packaging end of life management. |
| Energy production (electricity and thermal). |                                 |   |

**Tab. 1 – System boundary scheme**

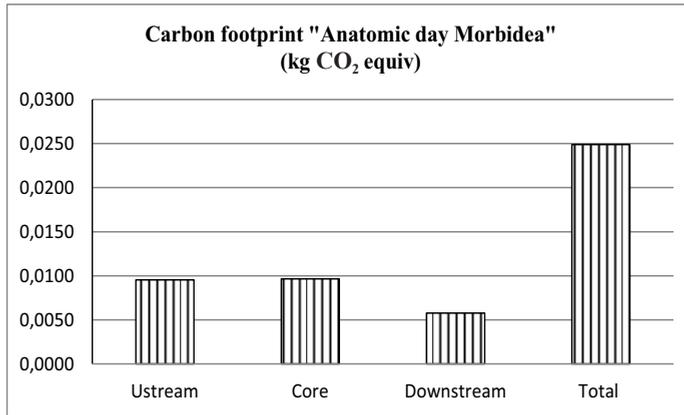
Table 2 recorded total and core processes material and energy input highlighting renewable and non renewable ones related to baby disposable diapers “Nuvolotti” and a women sanitary napkin “Anatomic day Morbidea” [1-2].

|                                | Unit | Morbidea       | Nuvolotti | Morbidea | Nuvolotti |
|--------------------------------|------|----------------|-----------|----------|-----------|
|                                |      | Core processes |           | Total    |           |
| <b>Non renewable resources</b> |      |                |           |          |           |
| Material resources             | kg   | 0,00721        | 0,00986   | 0,01070  | 0,03713   |
| Energy resources               | kg   | 0,00309        | 0,00714   | 0,00775  | 0,02743   |
|                                | MJ   | 0,14776        | 0,37388   | 0,44071  | 1,58757   |
| <b>Renewable resources</b>     |      |                |           |          |           |
| Material resources             | kg   | 0,13973        | 0,63948   | 0,63820  | 2,53553   |
| Energy resources               | kg   | 0,00000        | 0,00000   | 0,00000  | 0,00000   |
|                                | MJ   | 0,00436        | 0,01922   | 0,04569  | 0,1731    |

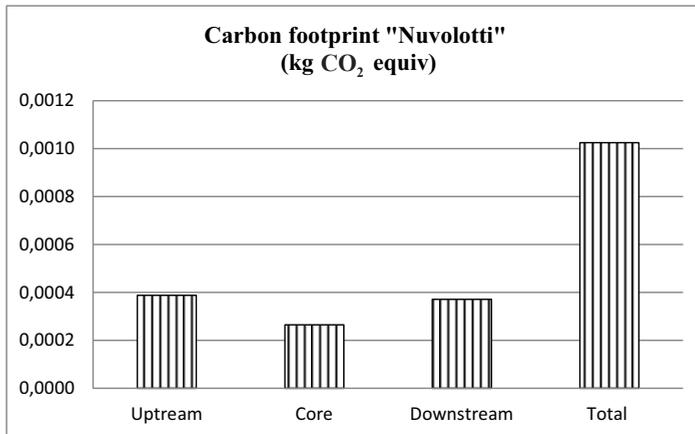
**Tab. 2 – Total and core processes material and energy input**

### 2.3 Result and discussion

On the basis of data and information obtained directly by FAS s.p.a management and the elaboration made by the software over mentioned CF has been calculated and the results are shown in figures 2-3[1-3].



**Fig. 2** – *Baby disposal diaper CF*



**Fig. 3** – *Women sanitary napkin CF*

There are no relevant differences between the products analyzed also in the distribution of single system boundary stage contribution. Approximately 20% is due to downstream process and the remaining quota (80%) is equally split by upstream and core processes.

The main factor affecting upstream process in terms of CO<sub>2</sub> equiv is biogenic component of raw material utilized. The company utilized as input cellulose base raw material coming from FSC (Forest Stewardship Council), and PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification schemes) certified cultivations ensuring the sustainable use of forest and forest products. Core process contribution is mainly due to energy input during manufacturing but especially to transportation phases. The company are projecting to improve its today use of renewable energy input and to promote a much more green transportation systems. Disposal treatments are the crucial step during the downstream process.

### 3. Conclusions

The case study presented shows how CF can be useful to optimize and implement the production chain both with environmental and economic advantages. CF, compared to the LCA has the plus of an easier interpretation by the policy makers and consumers. Policy makers

asked to improve and to apply this environmental indicator how FAS s.p.a. experience has demonstrated. The mentioned IME call funded was direct exclusively to consumer products and based on the worldwide require to use adequate environmental indicator, tool and policies. CF is a good option to achieve this goal because it is an indicator operating on climate change mitigation, one of the environmental priorities universally recognized. Moreover, CF is also emerging as a marketing tool used by manufacturing industries not only to demonstrate the commitment to reduce the environmental impact, but also to highlight the sustainability of their products [4]. The limit is that final consumers (especially in Italy) are not adequately informed about the CF certification. In the specific industrial sectors analyzed, European market trend analysis reveals that a growing percentage of final consumers base their choice on product environmental performances.

## References

- [1] **FAS s.p.a., 2016**, personal communication with company management
- [2] **Cordella M., et al., 2015**, “Evolution of disposable baby diapers in Europe: life cycle assessment of environmental impacts and identification of key areas of improvement”, *Journal of Cleaner Production*, 95, Pages 322-331.
- [3] **ISO, 2013**, ISO/TS 14067:2013, Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication.
- [4] **Thøgersen J., Nielsen K.S., 2016**, A better carbon footprint label, *Journal of Cleaner Production*, 125, 86-94.

# Quantificazione e verifica dell'impronta climatica correlata ai servizi di telecomunicazione fissa e mobile. Lo studio condotto da Telecom Italia S.p.A., in collaborazione con il MATTM, e la verifica di Bureau Veritas Italia S.p.A.

*Luca Leonardi, [luca.leonardi@it.bureauveritas.com](mailto:luca.leonardi@it.bureauveritas.com)*

*Bureau Veritas Italia S.p.A., Milano;*

*Alena Trifirò, [alena.trifiro@telecomitalia.it](mailto:alena.trifiro@telecomitalia.it)*

*Telecom Italia S.p.A., Bologna*

## **Riassunto**

*Telecom Italia S.p.A., da tempo impegnata nella riduzione della propria impronta ambientale, nell'ambito di un accordo volontario sottoscritto con il Ministero dell'Ambiente, ha quantificato gli indicatori di Carbon Footprint per i servizi erogati sul territorio nazionale, valutando le emissioni di CO<sub>2eq</sub> per 1 minuto di chiamata da rete fissa, 1 sms inviato, 1 Mbyte trasferito tramite rete mobile, 1 minuto di chiamata da rete mobile e 1 Mbyte trasferito tramite rete fissa; l'analisi è stata poi estesa al totale del traffico nazionale per quantificare l'impatto globale. La verifica della correttezza delle assunzioni e dei calcoli effettuati è stata eseguita da Bureau Veritas Italia S.p.A., sulla base della norma UNI EN ISO 14064-3:2012.*

## **Summary**

*Telecom Italia S.p.A. has long been committed to reducing its environmental footprint and, under a voluntary agreement signed with the Ministry of Environment, has quantified carbon footprint indicators for the services provided in Italy, evaluating the CO<sub>2eq</sub> emissions per 1 minute call from fixed network, 1 mobile text message, 1 Mbyte transferred via mobile network, 1 minute call to the mobile network and 1 Mbyte transferred via the fixed network; the analysis was subsequently extended to the total national traffic. The verification of the correctness of the assumptions and calculations was performed by Bureau Veritas Italia S.p.A., based on the UNI EN ISO 14064-3:2012.*

## **1. Introduzione**

Il settore dell'Information and Communication Technology (ICT) gioca un ruolo fondamentale nella riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri gas a effetto serra (GHG), non solo perché

l'operatore ICT può contenere e ridurre le proprie emissioni di CO<sub>2</sub>, ma soprattutto perché può contribuire alla riduzione delle emissioni di altri settori grazie alla realizzazione di servizi innovativi che promuovano stili di vita più sostenibili (quali, per esempio, la videoconferenza, il telelavoro, la telemedicina e, più in generale, tutti i servizi che possono favorire la “dematerializzazione” dell'economia). Studi internazionali [1] ritengono infatti che l'adozione di questi servizi possa portare ad una riduzione del 20% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub> al 2030, mantenendole così ai livelli del 2015.

In questo scenario, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e Telecom Italia S.p.A. hanno sottoscritto nel 2012 un accordo volontario volto alla promozione di progetti comuni finalizzati alla misurazione, contenimento e neutralizzazione dell'impatto sul clima del settore delle telecomunicazioni. Sono state dunque definite le metodologie relative all'analisi per i servizi tipici delle attività di telecomunicazioni (TNS -Telecommunications Network Service), con l'obiettivo di fornire degli indicatori di carbon footprint in accordo con la metodologia descritta nel “GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard ICT Sector Guidance – Chapter 2” [2] per i seguenti servizi erogati da Telecom Italia S.p.A. sull'intero territorio nazionale: rete fissa (chiamate telefoniche), rete mobile (sms, dati trasferiti, chiamate), dati trasferiti (inclusi MMS).

Come previsto dalle migliori pratiche in essere a livello internazionale, la correttezza delle ipotesi, delle assunzioni e delle quantificazioni effettuate è stata sottoposta a una verifica di terza parte indipendente, eseguita da Bureau Veritas Italia S.p.A. alla luce dei requisiti previsti dalla norma UNI EN ISO 14064-3:2012 [3]; tale standard è ad oggi tra quelli internazionalmente più riconosciuti per determinare l'approccio di verifica e per valutare i dati relativi ai gas ad effetto serra, i sistemi informativi ed i controlli.

## 2. Relazione

### 2.1 Ambito di analisi dell'inventario di GHG per i servizi TNS

Al fine di delineare un quadro chiaro per la valutazione delle emissioni di GHG, la metodologia raccomandata per i servizi TNS [2] definisce tre ambiti di analisi fondamentali: dominio del cliente (**customer domain**), infrastruttura di rete (**service platform**), attività operative (**operational activities**).

Secondo le linee guida considerate, ogni ambito di analisi contabilizza le emissioni di GHG provenienti dalla fase di uso (**use stage**) e quelle provenienti dalla fase acquisizione di materiale, pre-elaborazione, produzione, distribuzione e stoccaggio, e fine vita (**embodied stage**). Queste ultime sono state però escluse dall'inventario poiché, come indicato nelle linee guida, il loro impatto è modesto.

Tutte le attrezzature per i servizi TNS utilizzate o distribuite all'utente finale rientrano all'interno del “*customer domain*”. Le “*operational activities*” sono quelle connesse allo sviluppo, implementazione e manutenzione dei servizi TNS, incluso il personale dedicato per ciascuna attività.

Il periodo temporale di riferimento scelto è l'anno 2012; l'individuazione del periodo temporale su cui valutare le emissioni GHG è fondamentale anche per stabilire eventuali futuri obiettivi di riduzione e/o compensazione e generalmente coincide con l'anno solare o gestionale più recente per il quale sono disponibili e verificabili i dati.

Occorre sottolineare che il maggior contributo alle emissioni di GHG del settore ICT è dovuto dal consumo di energia elettrica per l'alimentazione degli apparati di trasmissione (la maggior parte distribuiti in maniera capillare su tutto il territorio) e per il controllo della temperatura che garantisce il corretto funzionamento degli stessi.

## 2.2 Definizione dell'unità funzionale

L'unità funzionale definita per la valutazione dei servizi presi in considerazione è stata selezionata in funzione della finalità di ogni servizio analizzato, valutando così le emissioni di CO<sub>2eq</sub> per:

- 1 minuto di chiamata da rete fissa;
- 1 minuto di chiamata da rete mobile;
- 1 sms inviato;
- 1 Mbyte trasferito tramite rete mobile;
- 1 Mbyte trasferito tramite rete fissa

È stato escluso il traffico generato da altri operatori, considerando esclusivamente il traffico generato dalla rete analizzata, anche in ottica di un possibile confronto.

## 2.3 Raccolta dati

Durante la fase di raccolta dati, l'obiettivo è stato quello di ottenere dati quanto più possibile rappresentativi e rilevanti. I dati si suddividono in due categorie principali:

- Dati primari: sono raccolti direttamente in strutture di proprietà o controllate dall'azienda stessa; e devono riflettere le condizioni tipiche del servizio analizzato.
- Dati secondari: sono reperiti da banche dati, o da studi precedentemente svolti e pubblicati, rappresentativi della fonte di emissione analizzata.

I dati utilizzati rispettano rigorosamente i principi di rilevanza, completezza, consistenza ed accuratezza del "GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard" [4].

## 2.4 Metodologia di calcolo

Il foglio di calcolo elaborato in MS Excel (Calculation Tool) per l'analisi delle emissioni di GHG include la sintesi di tutti i dati di input, suddivisi in differenti schede secondo l'ambito di analisi e le fonti di emissione e di seguito riportate:

- Consumi energetici – Customer Domain e Service Platform;
- Consumo di carburante per autotrazione – Operational activities;
- Materiali di input più significativi – Operational activities;
- Trasferte di lavoro da parte dei dipendenti – Operational activities;
- Mobilità dei dipendenti – Operational activities;
- Gestione rifiuti – Operational activities.

Per ogni fonte sopra menzionata sono state inoltre individuate specifiche sottocategorie.

Per quanto riguarda lo "use stage", i risultati sono stati ottenuti moltiplicando ogni singolo dato a disposizione per un appropriato fattore di emissione.

Per quanto riguarda l'**embodied stage**, le emissioni di GHG sono state ricavate moltiplicando le emissioni di gas serra ottenute per la fase di uso, per il rapporto percentuale tra le due fasi, parametro indicato nel "GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard ICT Sector Guidance – Chapter 2"

L'inventario delle emissioni di GHG complessive è stato calcolato sommando tutte le emissioni per ogni ambito di analisi (Customer Domain+ Service Platform +Operational activities).

## 2.5 Criteri di allocazione

*Criterio di allocazione n. 1 – Customer Domain:* le emissioni di GHG relative all'utilizzo delle apparecchiature in dotazione ai clienti per i tre servizi analizzati, ovvero telefoni cellulari, smartphone e modem (trascurando i consumi energetici dei telefoni fissi), sono state allocate considerando il numero clienti annuo e il flusso annuale per ogni tipo di servizio (sms, dati, voce). Per poter allocare le emissioni per le tre diverse unità funzionali, i vari flussi annuali sono stati convertiti in Mbyte trasferiti considerando una dimensione fissa di 140 byte per sms

inviato e un codec di 20 kbit/s come media pesata tra rete GSM e UMTS per le chiamate.

*Criterio di allocazione n. 2 – Service Platform:* le emissioni di GHG relative all'utilizzo dell'infrastruttura di rete ovvero Radio Base Station, autocommutatore, DSLAM e server, sono state allocate considerando la potenza totale della rete di Telecom Italia S.p.A. e le varie percentuali di potenza impegnata per ogni singolo servizio analizzato.

*Criterio di allocazione n. 3 – Operational activities:* le emissioni di GHG relative a implementazione e manutenzione dei servizi TNS sono state allocate considerando il personale per l'installazione, la manutenzione e il supporto per ogni servizio esaminato.

## 2.6 Ipotesi e dati raccolti per la rete fissa

*Customer Domain:* sono state trascurate le emissioni di GHG di questo ambito, in quanto sono stati trascurati i consumi dei telefoni fissi alimentati tramite doppino.

*Service Platform:*

– Dati primari: potenza totale delle rete Telecom Italia S.p.A. [GW], percentuale potenza impegnata per il servizio di rete fissa [%], numero di autocommutatori impegnati, potenza media di ogni autocommutatore [W];

– Dati secondari: fattore emissione (FE) energia elettrica, percentuale embodied stage;

– Assunzioni: essendo rilevati dai POD, i consumi sono omnicomprensivi anche del condizionamento e dell'energia utilizzata per ventilazione.

Le emissioni di GHG sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 2 e i minuti totali di chiamate da rete fissa.

*Operational activities:*

– Dati primari: numero dipendenti, consumo combustibili, consumo acqua, energia elettrica per uffici, spostamenti casa-lavoro dipendenti, trasporto aereo, consumi di carta, rifiuti prodotti;

– Dati secondari: FE per i combustibili, FE acqua, FE energia elettrica;

– Assunzioni: il numero di dipendenti condiviso tra più servizi di Telecom Italia S.p.A., è stato ripartito per ogni singolo servizio analizzato; sono state considerate esclusivamente le emissioni relative allo use stage in quanto le emissioni incluse nell'embodied stage sono modeste.

Le emissioni di GHG sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 3 e i minuti di chiamata da rete fissa.

## 2.7 Ipotesi e dati raccolti per la rete mobile

*Customer Domain:*

– Dati primari: numero clienti servizio di telefonia mobile, flusso annuale di sms, flusso annuale di minuti di chiamata, flusso annuale di dati trasferiti;

– Dati secondari: fattore emissione energia elettrica, percentuale embodied stage, distribuzione dei telefoni cellulari e degli smartphone sul totale dei clienti Telecom Italia S.p.A. (Mobile Future in Focus 2013), tempo di ricarica [h] e potenza batteria [W] cellulari e smartphone (fonte: Gartner 2012);

– Assunzioni: si assume un cellulare o smartphone per ogni cliente di rete mobile di Telecom Italia S.p.A.

Le emissioni sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 1 per rete mobile e il numero di sms inviati, i minuti di chiamata effettuati e i Mbyte di dati trasferiti.

*Service Platform:*

– Dati primari: potenza totale delle rete Telecom Italia S.p.A. [GW], percentuale potenza impegnata per il servizio di rete mobile [%], numero di Radio Base Station impegnati, potenza media di ogni singola rbs [W];

– Dati secondari: FE energia elettrica, percentuale embodied stage;

– Assunzioni: la potenza totale tiene conto del condizionamento della rete (fonte Telecom Italia S.p.A.), ore annue di funzionamento pari a 8760.

Le emissioni di GHG sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 2 e il numero di sms inviati, i minuti di chiamata effettuati e i Mbyte di dati trasferiti.

*Operational activities:*

– Dati primari: numero dipendenti, consumo combustibili, consumo acqua, energia elettrica per uffici, spostamenti casa-lavoro dipendenti, trasporto aereo, consumi di carta, produzione rifiuti;

– Dati secondari: FE per i combustibili, FE acqua, FE energia elettrica;

– Assunzioni: il numero di dipendenti condiviso tra più servizi di Telecom Italia S.p.A., è stato ripartito per ogni singolo servizio TNS analizzato; sono state considerate esclusivamente le emissioni relative allo use stage in quanto le emissioni incluse nell’embodied stage sono modeste.

Le emissioni di GHG sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 3 e il numero di sms inviati, i minuti di chiamata effettuati e i Mbyte di dati trasferiti.

*2.8 Ipotesi e dati raccolti per il trasferimento dati*

*Customer Domain:*

– Dati primari: numero clienti servizio di trasferimento dati, flusso annuale in Gbyte di dati trasferiti, tipologia modem, potenza modem [W];

– Dati secondari: FE energia elettrica, percentuale embodied stage;

– Assunzioni: è stato assunto un modem per ogni cliente di Telecom Italia S.p.A.

Le emissioni sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 1 e i Mb trasferiti.

*Service Platform:*

– Dati primari: potenza totale delle rete Telecom Italia S.p.A. [GW], percentuale potenza impegnata per il servizio di trasferimento dati [%], numero di Dislam e Server impegnati, potenza media dispositivi [W];

– Dati secondari: FE energia elettrica, percentuale embodied stage;

– Assunzioni: la potenza totale tiene conto del condizionamento della rete (fonte Telecom Italia S.p.A.), ore annue di funzionamento pari a 8760.

Le emissioni sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 2 e i Mb trasferiti.

*Operational activities:*

– Dati primari: numero dipendenti, consumo combustibili, consumo acqua, energia elettrica per uffici, spostamenti casa-lavoro dipendenti, trasporto aereo, consumi di carta, produzione rifiuti;

– Dati secondari: FE per i combustibili, FE acqua, FE energia elettrica, assunzioni;

– Assunzioni: il numero di dipendenti condiviso tra più servizi di Telecom Italia S.p.A., è stato ripartito per ogni singolo servizio TNS analizzato; sono state considerate esclusivamente le emissioni relative alla use stage in quanto le emissioni incluse nell’embodied stage sono modeste.

Le emissioni sono state allocate secondo il criterio di allocazione n. 3 e i Mb trasferiti.

*2.9 La verifica effettuata da Bureau Veritas Italia S.p.A.*

Bureau Veritas Italia S.p.A. ha effettuato la verifica dell’inventario di GHG di Telecom Italia S.p.A. nel mese di maggio 2015. Sulla base del piano di verifica e del piano di campionamento predisposti a seguito di un’analisi preliminare del Rapporto di Sintesi dell’Inventario dei GHG di Telecom Italia S.p.A., il Gruppo di audit di Bureau Veritas Italia S.p.A. ha provveduto a ricalcolare a campione i dati di attività per i tutti contributi più significativi in termini

di emissioni di GHG, a partire dai rispettivi documenti di origine. Si è verificata anche l'adeguatezza e lo stato di aggiornamento dei fattori di emissione utilizzati, nonché la correttezza delle formule di calcolo inserite nel Calculation Tool. Le verifiche sono state effettuate per gli anni 2012 e il 2014, avendo avuto l'accortezza di aggiornare per il 2014:

- Customer Domain: dati per anno 2014 e nuova analisi di mercato sull'utilizzo dei cellulari e smartphone (fonte: Gartner 2014);
- Service Platform: dati per anno 2014 e acquisto di energia elettrica verde certificata da parte di Telecom Italia S.p.A., per un totale di 2.191.474 MWh;
- Operational activities: dati per anno 2014;
- i fattori di emissione per l'anno 2014.

### 3 Conclusioni

A seguito dei campionamenti effettuati e delle conseguenti correzioni rese necessarie, al termine delle attività di verifica l'inventario delle emissioni totali di GHG di Telecom Italia S.p.A. per l'anno 2012 e per il 2014 risultano così suddivisi:

| Servizio TNS       | Unità | 2012 - tCO <sub>2eq</sub> % sul totale emissioni calcolate | 2014 - tCO <sub>2eq</sub> % sul totale emissioni calcolate |
|--------------------|-------|--|--|
| Rete fissa         | min   | 27   | 16   |
| Rete Mobile        | min   | 1  | 1  |
|                    | sms   | trascurabile   | trascurabile   |
|                    | Mb    | 19   | 30   |
| Trasferimento dati | Mb    | 53   | 52   |

Nel 2014 si evidenzia una riduzione di quasi il 45% dell'inventario dei GHG di tutti i servizi analizzati rispetto all'anno 2012, dovuto principalmente all'acquisto di energia elettrica "verde" certificata da parte di Telecom Italia S.p.A. che compensa il 100% delle emissioni di GHG della fase di uso nell'ambito *Service Platform* e una parte delle emissioni di GHG nell'ambito *Operational activities* (quelle provenienti dal consumo di energia elettrica degli uffici).

### Bibliografia

- [1] Gesi #SMARTer2030 ICT Solutions for 21st Century Challenges – [www. http://smarter2030.gesi.org](http://smarter2030.gesi.org)  
 [2] GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard ICT Sector Guidance – Chapter 2, draft v3.4 del 26 gennaio 2013  
 [3] UNI EN ISO 14064-3:2012 “Gas ad effetto serra – Parte 3: Specifiche e guida per la validazione e la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra”  
 [4] GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard – Revised Edition, WBCSD/WRI

# Gli isolanti ecologici in legno nella bioedilizia Innovazioni tecnologiche e bilancio climatico globale

*Sefora Leah Spatafora (1) [sephora95@hotmail.it](mailto:sephora95@hotmail.it), Alessia Tararà (1), Martina Zagarella (1),  
Cinzia Martelli (2), Antonella Rinaldo (2)  
(1) Università Degli Studi Di Catania - Dipartimento Economia e Impresa - Catania  
(2) Prefabbricati Di Martelli Salvatore & C. Sas Bronte (Catania)*

## **Abstract**

*La perdita di risorse naturali è una costante delle attuali economie ed il settore dell'edilizia costituisce uno dei processi produttivi che maggiormente utilizzano e sfruttano risorse naturali. L'utilizzo del legno nel settore dell'edilizia è un modo efficace per lottare contro il peggioramento dell'effetto serra, in quanto è l'unico materiale da costruzione che, a differenza di altri, permette un bilancio positivo di CO<sub>2</sub>.*

*Questo lavoro affronta il tema dell'isolamento sostenibile ed efficiente degli edifici mediante sistemi multifunzionali di coibentazione e impermeabilizzazione che utilizzano materie prime rinnovabili in fibre di legno. A tal fine, è stata analizzata una azienda leader del settore nella realizzazione di strutture prefabbricate in legno sita nella Sicilia Orientale, Prefabbricati Martelli Sas, che è riuscita in pochi anni ad affermarsi nel mercato delle costruzioni in legno puntando su processi ecologici e sostenibili che hanno ridotto consumo energetico, salvaguardando risorse.*

## **Summary**

*The use of wood in construction is an effective way to reduce the greenhouse gas emissions, as it is the only building material that allows a positive CO<sub>2</sub> balance, because it absorbs from 'air harmful carbon dioxide and release it only after the burning or pulping.*

*This work aims to investigate sustainable and efficient insulation of buildings by means of multi-functional systems of insulation and waterproofing using renewable raw materials in the wood fibers, able to get a balanced living environment with anti-mold and anti-humidity. To this end, an industry leader in the production of prefabricated wooden structures located in eastern Sicily has been investigated.*

## **1. Introduzione**

Con il termine Bioedilizia [1] si intende far riferimento alle regole del “Costruire e Vivere Sano” per il benessere e per la salvaguardia dell'ambiente. Ci si riferisce a edifici a basso impatto ambientale che vengono realizzati tenendo in considerazione un insieme di accorgimenti, sia nella fase di progettazione che durante la realizzazione, che prevedono l'utilizzo di materiali naturali e riciclabili non nocivi per la salute e per l'ambiente. Il settore edile in Sicilia

riveste un ruolo rilevante, nonostante la crisi, e questo lo rende strategico per uno sviluppo di tipo sostenibile [2]. Il corretto abbinamento dei materiali, degli impianti e delle tecnologie acquisite fino ad oggi consente di costruire edifici e raggiungere risultati sorprendenti fino all'azzeramento dei consumi energetici [3].

La bioedilizia si prefigge di ridurre i consumi delle energie non rinnovabili e di attenuare in modo significativo, mediante l'uso di materiali eco compatibili, gli effetti delle strutture abitative sulla salute delle persone e sull'ecosistema circostante. Se le tematiche ambientali nel campo edilizio hanno polarizzato l'attenzione dell'opinione pubblica, ciò si è verificato, in primo luogo, per gli evidenti nonché dannosi effetti di quanto usato nelle costruzioni civili. Il caso dell'amianto è quello più emblematico [4].

La bioedilizia verte su cinque principi fondamentali: la pianificazione sostenibile del progetto a partire dalla scelta del sito; salvaguardia delle risorse idriche ed utilizzo efficiente dell'acqua mediante sistemi di recupero; efficienza energetica sia in tempi di gestione intelligente dell'elettricità sia intesa come autoproduzione di energia; uso razionale delle risorse, conservazione dei materiali e riutilizzo; qualità degli ambienti interni [5]. Questi principi rappresentano i pilastri portanti per il conseguimento del successo aziendale: l'impegno alla sostenibilità è oggi una chiave competitiva per tutte le aziende e, in particolare, per quelle che hanno a che fare con i materiali, le risorse naturali, il paesaggio. Il mercato dei prodotti per le costruzioni, infatti, premia prodotti ed aziende che dimostrano sensibilità verso tale tematica. In questo contesto, il contenuto di materiale riciclato e il recupero dei rifiuti sono alcune tra le caratteristiche ambientali maggiormente impiegate nel settore delle costruzioni [6].

L'obiettivo di questa ricerca è mettere in evidenza come, mediante l'impegno della bioedilizia, è possibile ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti rispetto alle normali costruzioni civili, in quanto esse rappresentano una delle principali fonti di inquinamento. Da studi condotti da ENEA e da Citalia risulta infatti che le sorgenti di emissione di CO<sub>2</sub> generate dal cittadino italiano tra il 2000 e il 2009 sono attribuibili per il 37,8% al riscaldamento degli edifici [7]. In particolare, è stata analizzato il caso di un'azienda del catanese che realizza prefabbricati in legno.

## **2. Gli isolanti ecologici in legno nella bioedilizia**

Un buon isolamento degli edifici determina comfort maggiore negli spazi controllati termicamente limitando i flussi termici tra esterno ed interno e la conseguente riduzione dei consumi energetici legati al riscaldamento invernale e il condizionamento estivo. L'analisi delle prestazioni ambientali dei diversi comparti produttivi, infatti, indica che nei Paesi dell'Unione Europea il consumo finale di energia dovuto agli edifici è pari a circa il 42% che, in termini di emissioni di gas climalteranti, corrispondono al 35% delle emissioni totali contabilizzate. L'elevata criticità ambientale del settore dell'edilizia residenziale suggerisce la necessità di importanti interventi di miglioramento. L'Ue ha inteso dotarsi di una articolata strategia (Piano d'azione per efficienza energetica, programma quadro per l'innovazione e la competitività – CIP) indirizzata allo sviluppo e alla salvaguardia di requisiti ritenuti essenziali per la sicurezza, la salute e la tutela ambientale. In siffatto scenario, la Commissione Europea ha individuato nel settore dell'edilizia residenziale e commerciale uno dei comparti ove è possibile ottenere i più consistenti risparmi di energia, stimando un potenziale di riduzione rispettivamente pari al 27% e al 30%. Tra le azioni di maggior rilievo si distinguono le Direttive sui materiali da costruzione (89/106/CEE denominata CPD-Construction Products Directive) [8] e quella per il contenimento dei consumi energetici degli edifici (2010/31/Ce [9] e 2002/91/Ce [10] rispettivamente denominate EPBD recast e EPBD – Energy Performance Building Directive). La previsione di procedure di certificazione energetica degli edifici da effettuare periodicamente e conseguenti ristrutturazioni e manutenzione degli impianti per la conservazione dell'energia, dietro anche incentivi economici da parte dei singoli Stati, consentirà di trainare l'attuale par-

co immobiliare europeo verso più elevati livelli prestazionali [11]. L'utilizzo di materie prime a basso impatto ambientale contribuisce a contenere l'impatto globale del prodotto finito; tra queste possono essere annoverate differenti tipologie, tra cui le materie prime di origine vegetale, come il legno e altri biomateriali. La promozione di questo tipo di prodotti, infatti, può rappresentare un'alternativa verde a materiali la cui produzione necessita di maggiori quantitativi di combustibili fossili; inoltre, si stima che la loro domanda possa aumentare fino a 2.5 volte nei prossimi 50 anni. L'innovazione tecnologica apportata da questi materiali è dovuta a più fattori, tra cui: la rinnovabilità della risorsa, le possibilità di riciclo a fine vita e la possibilità di essere considerati dei depositi di CO<sub>2</sub>. Soprattutto per quanto riguarda quest'ultimo punto, i vantaggi nell'uso di materie prime naturali possono essere determinati efficacemente mediante la quantificazione della CO<sub>2</sub>-equivalente. Per valutare in parte l'impatto dei materiali utilizzati nel settore dell'edilizia, infatti, è possibile adottare come strumento la Carbon Footprint: una misura che esprime in CO<sub>2</sub> equivalente il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio. In conformità al Protocollo di Kyoto, i gas ad effetto serra da includere sono: anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) e perfluorocarburi (PFCs). La tCO<sub>2</sub>e (tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente) permette di esprimere l'effetto serra prodotto da questi gas in riferimento all'effetto serra prodotto dalla CO<sub>2</sub>, considerato pari a 1 (ad esempio il metano ha un potenziale serra 25 volte superiore rispetto alla CO<sub>2</sub>, e per questo una tonnellata di metano viene contabilizzata come 25 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente). La misurazione della Carbon Footprint di un prodotto o di un processo richiede in particolare l'individuazione e la quantificazione dei consumi di materie prime e di energia lungo tutte le fasi del ciclo di vita dello stesso. Il label di Carbon Footprint è percepito dai consumatori come un indice di qualità e sostenibilità delle imprese. Le aziende, oltre a condurre l'analisi e la contabilizzazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, si impegnano a definire un sistema di carbon management finalizzato all'identificazione e realizzazione di quegli interventi di riduzione delle emissioni, economicamente efficienti, che utilizzano tecnologie a basso impatto ambientale [12].

La Bioedilizia comporta l'utilizzo di materiali cosiddetti tradizionali, già soppiantati dall'avvento della produzione industriale e adesso riproposti con alti standard qualitativi. Ad essi sono stati poi affiancati prodotti di alto contenuto innovativo, a cui si deve aggiungere un elevato grado di qualità. Il risultato è che sono diventati estremamente competitivi rispetto ai loro concorrenti più inquinanti i quali subiscono, di conseguenza, importanti perdite nelle loro quote di mercato [13].

Tra i prodotti ad alto contenuto innovativo assumono particolare rilevanza gli isolanti in legno; il compito dei rivestimenti isolanti è quello di poter proteggere la casa dal condizionamento atmosferico esterno, tutelando le costruzioni dai rischi di raffreddamento eccessivo durante l'inverno o dal riscaldamento indesiderato durante l'estate. Nel contempo, l'isolante evita la formazione di elevati livelli di umidità o di condensa, mantenendo così una temperatura salutare e ideale all'interno dell'abitazione. L'isolante utilizza preferisce l'utilizzo di estratti da minerali o da vegetali: perlite, vermiculite, lana di roccia, lana di vetro, sughero, fibre come cotone, lino e canapa [14]. I pannelli isolanti del suddetto tipo vengono realizzati con legno di abete rosso o di pino. La materia prima è costituita da residui di segheria, legni deboli ecc. Il legno viene frantumato e quindi scomposto in fibre di legno fini mediante procedimenti termici e meccanici. Dette fibre di legno fini conferiscono al pannello la sua stabilità tipica attraverso l'intreccio e l'infeltrimento subito durante la pressatura. Nelle sezioni ad alto rischio di umidità vanno previsti pannelli idrofobizzati preferibilmente con aggiunta di resina naturale, classe di infiammabilità 2 (infiammabile normalmente). L'inquinamento ambientale per effetto delle acque sporche scaricate durante la loro produzione viene ridotto al minimo attraverso la circolazione in circuiti chiusi. I resti dei pannelli isolanti in fibra di legno possono essere lavorati per produrre nuovi materiali isolanti oppure designati al compostaggio [15].

### **3. Azienda Prefabbricati Martelli S.a.s**

La famiglia Martelli opera nel settore del legno dal 1955, inizialmente con la ditta “Carroccio Biagio e f.lli Martelli s.n.c”. La società, a conduzione familiare, nata dall’iniziativa di quattro fratelli e di un cognato, esercitava, in origine, la sola attività inerente alla commercializzazione del carbone, della legna da ardere e del legname, con il quale venivano rifornite le segherie dell’epoca. Negli anni ottanta e novanta, con il subentrare della seconda generazione, si abbandona parte dell’industria boschiva e si intraprende la strada della commercializzazione sia dei prodotti per l’edilizia sia di quelli relativi alla falegnameria. Nello stesso periodo, la stessa, inoltre, si specializza nella costruzione di tetti in legno, soprattutto di castagno, per la copertura di strutture private ma anche pubbliche, avvalendosi dell’operato di maestranze specializzate nel settore. In principio le attività appena elencate, venivano svolte all’interno di un cantiere appositamente costruito agli inizi degli anni ’70. Nel 2006 l’originaria ditta viene scissa e trasformata nell’odierna “Prefabbricati di Martelli Salvatore &C. S.a.s”. È in quell’anno che l’azienda si amplia con la costruzione di uno stabilimento, nella zona industriale del comune di Bronte, comprendente due capannoni industriali, uno destinato alla vendita diretta di prodotti per l’edilizia e l’altro destinato alla lavorazione di pannelli e travi, più in generale dei semilavorati in legno, e alla prefabbricazione di strutture in legno all’interno dello stesso stabilimento. Oggi, la Prefabbricati di Martelli è ancora un’azienda familiare, giunta alla terza generazione, forte dell’esperienza e dell’amore per il legno, tramandate da padre in figlio. Nel corso degli anni, la sua attività è incrementata, affermando il proprio nome nel settore della progettazione e realizzazione di strutture interamente in legno e nei lavori di ripristino e ristrutturazione. L’azienda attualmente conta 15 dipendenti, tra tecnici, amministrativi e carpentieri specializzati nella costruzione di strutture in legno. La Società ha acquisito una notevole esperienza nel campo della ristrutturazione, nel recupero funzionale e nella realizzazione ex novo di strutture in legno lamellare e non, ed in particolare, nella realizzazione di tetti, tettoie, pergolati, gazebi, ponti e passerelle in legno, case in legno, strutture in legno lamellare a grandi luci, ed in generale, nella realizzazione di strutture con le più diverse destinazioni d’uso, operando sempre all’impronta del rispetto dell’ambiente, con edifici ecosostenibili, energeticamente efficienti e ad impatto zero. Le case in legno sono rispettose dell’ambiente e delle persone che la abitano, perché il legno è l’unico materiale da costruzione che respira garantendo un elevato comfort naturale. La prefabbricati Martelli utilizza solo legno proveniente da foreste gestite in maniera sostenibile e certificate PEFC o FSC. L’azienda ha inoltre recentemente ottenuto l’autorizzazione ministeriale come centro taglio oltre alla certificazione ISO 9001:2015 [16]. L’azienda è stata da noi analizzata in particolare per l’utilizzo di isolanti in legno.

### **4. Gli isolanti in legno presenti in azienda**

Gli isolanti in legno che l’azienda utilizza nelle sue costruzioni, in linea con l’idea di bioedilizia e salvaguardia ambientale, sono materiali da costruzione naturali, garantendo un clima abitativo sano. Essi sono in grado di offrire la soluzione ottimale per tutte le zone dell’abitazione: tetto, solaio, parete e facciata. La materia prima sotto forma di sfridi, schegge e trucioli proviene da boschi gestiti in modo sostenibile; il legno di abete rosso e abete bianco utilizzato è certificato FSC e rilascia emissioni molto basse di VOC (volatile organic compounds). Gli isolanti garantiscono protezione termica invernale perché, grazie alla loro bassa conducibilità termica, ostacolano la perdita di calore: la conduttività termica  $\Lambda$  (lambda) compresa tra 0,038 e 0,050 W/Mk sottolinea questa caratteristica; e al contempo garantiscono protezione dal calore estivo, poiché, grazie alla loro elevata capacità termica massica (c), possono incamerare il calore nei giorni più caldi. Il riscaldamento dipende dallo sfasamento termico e dalla trasmittanza termica dinamica. Lo sfasamento termico indica il tempo in cui viene ritardato il

passaggio del calore attraverso una struttura. Uno sfasamento di 10/12 ore rappresenta un valore ottimale così come indicato dal DM 26/06/2009 [17]. La trasmittanza termica dinamica indicata dal DPR 59/09 [18] fornisce il picco massimo di calore entrante nella struttura. Più è basso il valore, migliore è il valore isolante. Il DPR 59/09 indica come valore massimi 0,2 W/mK e 0,12 W/mK rispettivamente per tetto e per pareti.

## 5. Il bilancio climatico globale

La scelta di isolare con questi prodotti, portata avanti dall'azienda Martelli, contribuisce in diversi modi alla protezione del clima dal momento che tali isolanti riducono sensibilmente il fabbisogno energetico primario di un edificio. Ciò riduce i costi e, al contempo, risparmia le riserve di combustibili fossili quali petrolio, gas e carbone, migliorando anche il bilancio di CO<sub>2</sub>. Infatti, durante la loro crescita, gli alberi sottraggono carbonio all'atmosfera e lo accumulano nel loro legno. Con ogni componente di costruzione dei pannelli viene praticamente ampliata la superficie di immagazzinamento della foresta e viene ridotto il carico delle emissioni di CO<sub>2</sub> in modo duraturo, poiché ogni metro cubo di legno di abete usato per costruire accumula un equivalente di 0,7 tonnellate di CO<sub>2</sub>. Dunque, ogni casa isolata con questi pannelli costituisce un nuovo accumulatore di CO<sub>2</sub> e loro percentuali dei componenti dei pannelli corrispondono a quelle della composizione delle materie prime. Nell'arco della vita utile dei pannelli in fibre a 140 kg/m<sup>3</sup> vengono accumulati circa 225 kg CO<sub>2</sub>. I risultati del bilancio ecologico per i pannelli in fibra di legno del gruppo di prodotti 135-200 kg/m<sup>3</sup> con la densità a bilancio di 140 kg/m<sup>3</sup> sono i seguenti: il potenziale di riscaldamento globale (GWP), indicatore relativo all'entità del cambiamento climatico che si calcola dalle emissioni di gas rilevanti per il clima, viene determinato principalmente dai flussi di CO<sub>2</sub>. A fronte di un'emissione di 52 kg CO<sub>2</sub> dallo sfruttamento di vettori energetici fossili durante la produzione, c'è un accumulo di 225 kg CO<sub>2</sub> nel pannello isolante in fibra di legno per la durata della sua vita utile. In caso di sfruttamento energetico i 225 kg di CO<sub>2</sub> accumulati nel pannello isolante in fibra di legno vengono nuovamente liberati, il che consente di evitare circa 60 kg di emissioni di CO<sub>2</sub> da fonti fossili attraverso la sostituzione di vettori energetici fossili. L'impiego di materiali isolanti in fibra di legno è già di per sé una protezione del clima, poiché la trasformazione della materia prima legno in un materiale edile richiede poca energia specifica rispetto ad altri materiali edili come calcestruzzo, acciaio o alluminio. Inoltre, il 73% di energia utilizzata nella fase di produzione è rinnovabile. L'energia depositata nel prodotto viene recuperata al momento della termovalorizzazione in centrale a biomassa. I pannelli vengono prodotti col processo a umido, in cui il legno viene pressato senza aggiunta di collanti o sostanze ignifughe e tutti gli scarti generati durante la produzione vengono conferiti internamente a un impianto di valorizzazione energetica. L'aria di scarico, formatasi durante la produzione, viene depurata in conformità alle disposizioni di legge. Le emissioni sono notevolmente inferiori ai valori limite previsti e non risultano contaminazioni a carico delle acque e del suolo. Infatti, le acque di scarico risultanti dalla produzione vengono trattate internamente e reimmesse nel processo di fabbricazione dei pannelli o addotte ad un impianto di depurazione. La sostenibilità e il rispetto del clima sono documentati dall'EPD, in cui è presente il calcolo del bilancio ecologico dei vari prodotti.

## 6. Conclusioni

Gli isolanti utilizzati permettono di ottenere una gestione responsabile delle risorse di fondamentale importanza nell'ambito della bioedilizia. L'azienda assicura sensibilità circa le tematiche ecosostenibili migliora l'immagine ambientale all'interno del mercato della bioedilizia. Analiticamente, i principali benefici sono i seguenti: Isolamento termico; Protezione dal calore; Isolamento acustico; Materiali ignifughi; Traspirabilità; Resistenza agli agenti atmosferici; Benessere abitativo.

I vantaggi derivanti dall'impiego di questi isolanti in legno possono essere considerati, dunque, in termini di benefici ambientali e qualitativi che si traducono in una generale soddisfazione delle parti interessate. Questo studio, infine, vuole sottolineare come l'utilizzo di prodotti isolanti ecosostenibili, se adottato da diverse aziende del settore edile, potrebbe in modo determinante ridurre l'effetto serra dovuto all'intero ciclo di vita del settore costruzioni, attualmente molto impattante in termini di inquinamento atmosferico.

## Bibliografia

- [1] <https://www.architetturaecosostenibile.it/>
- [2] Capitano C.- Traverso M., *Un questionario per un'analisi di sostenibilità: il primo passo verso la Life Cycle Sustainability Assessment*, in "Convegno LCA in Italia: Dall'ecodesign alla gestione del fine vita", Rimini, 09.12 Novembre 2011, pp. 163-168.
- [3] [http://www.idealenergy.it/cms/testi.php?id\\_rub=124819014032812&id\\_testo=124998401101562](http://www.idealenergy.it/cms/testi.php?id_rub=124819014032812&id_testo=124998401101562) .
- [4] <http://www.perchebio.com/site/index.php/contenuti/bioedilizia/bioedilizia-cos-e> .
- [5] <http://www.ideegreen.it/bioedilizia-principi-24978.html> .
- [6] Mari M.- Massalin A.- Pinoli M., *Riciclo e recupero di materia nel settore dei materiali da costruzione come referenza di sostenibilità. Esperienze di applicazione, certificazione*, in "Gli aspetti emergenti nel campo dei rifiuti. La prevenzione, il riciclo dei materiali, i rifiuti speciali, la classificazione dei rifiuti", Rimini, 06.09 Novembre 2013, pp. 95-101.
- [7] Proietti S.- Desideri U.- Sdringola P.- Zepparelli F.- Cenci E., *Life Cycle Assessment di un materiale termoriflettente e confronto con altre soluzioni per l'isolamento termico degli edifici*, in "Convegno LCA in Italia: Dall'ecodesign alla gestione del fine vita", Rimini, 09.12 Novembre 2011, pp. 140-146.
- [8] Direttiva 89 / 106 / CEE del Consiglio del 21 dicembre 1988, *relativa al ravvicinamento delle disposizioni amministrative degli Stati membri legislative, regolamentari ed amministrative riguardanti i prodotti da costruzione*, pubblicata in G.U.C.E. n. 40 del 11 febbraio, 1989.
- [9] Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, *sulla prestazione energetica nell'edilizia*, pubblicata in G.U.C.E n. 153/13 del 18 giugno 2010.
- [10] Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2002, *sul rendimento energetico nell'edilizia*, G.U. n. 001 del 4 gennaio 2013.
- [11] Maiorino L.- Ministrini S.- Frontoni P., *"Sperimentazione della terza draft dei criteri ecologici per la concessione del marchio Ecolabel UE per il gruppo di prodotti edifici"* in atti del (manca n. convegno) "Convegno l'efficienza energetica integrata con cogenerazione di prossimità. Casi studio ed applicazioni al patrimonio edilizio esistente", Rimini, 09.12 novembre 2011, pp. 1508-1516.
- [12] <http://www.minambiente.it/pagina/cose-la-carbon-footprint>.
- [13] <http://www.perchebio.com/site/index.php/contenuti/bioedilizia/bioedilizia-cos-e> .
- [14] <http://www.bioville.it/dettagli/isolante/> .
- [15] <http://www.centrodellisolante.com/pannellisolantiinfradilegno.htm>.
- [16] UNI EN ISO 9001:2015, "Sistemi di gestione della Qualità"
- [17] D.M del 26 giugno 2009, *Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*, pubblicato in G.U. n. 158 del 10 luglio 2009.
- [18] D.P.R. n. 59 del 2 aprile 2009, *Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*, pubblicato in G.U. n. 132 del 10 giugno 2009.

# Il sistema volontario di certificazione Leadership in Energy and Environmental Design quale strumento di tutela ambientale per le aziende di arredamento interno

*Giuseppe Teodoro, giuseppeteodoro09@gmail.com, Filippo Aleo, Sebastiano Boris Patané, Paola Romano, Federica Spedalieri  
Università Degli Studi Di Catania - Dipartimento Economia e Impresa  
Catania*

## **Abstract**

*Oggi più che in passato, in un mercato altamente competitivo, conta per le aziende dimostrare l'attenzione verso il rispetto ambientale e la salvaguardia dell'ecosistema, ottenendo certificazioni da parte terza che ne attestino il comportamento proattivo.*

*LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) è un sistema di certificazione degli edifici volontario; indica una serie di requisiti per costruire edifici ambientalmente sostenibili, sia dal punto di vista energetico che dal punto di vista del consumo di tutte le risorse ambientali coinvolte nel processo di realizzazione.*

*Obiettivo di questa ricerca è identificare i vantaggi economici, tecnici, operativi derivanti dall'applicazione di questo marchio così innovativo ad una azienda che opera da anni nel settore citato, sita in Emilia Romagna, che ha recentemente implementato questo strumento di economia circolare. Vengono descritte le fasi di implementazione che tengono conto delle quantità delle sostanze inquinanti presenti (Formaldeide, aldeidi, totale sostanze volatili e di CO<sub>2</sub>) nell'intero ciclo produttivo. In tal modo, per l'azienda è possibile individuare ed interpretare i requisiti di impatti ambientale e di emissioni di gas serra richiesti a livello nazionale e/o internazionale, svolgere attività di test sui prodotti per l'inquinamento indoor, ottenere il certificato di prova di conformità ai suddetti requisiti ed effettuare la mappatura LEED dei propri prodotti.*

## **Summary**

*LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) is a measure of voluntary building certification system; it indicates a series of requirements to build environmentally sustainable buildings, from an energy point of view; moreover, it involves the consumption of all the environmental resources consumption in the process of realization.*

*In particular, in a special section it analyses critical environmental issues related to the internal quality of the environment, affecting the health, safety and comfort, the energy consumption, the efficiency of the gearbox and the control of air contamination, characteristics linked to inside the furniture manufacturing sector.*

*Objective of this research is to identify the economic, technical, operational benefits, resulting from the application of this so innovative brand to a company operating for years in the mentioned field, located in Emilia Romagna, which recently applied this circular economy instrument.*

## **1. Introduzione**

Le vie di sviluppo delle attività produttive e dell'intera economia, in questi ultimi anni, passano necessariamente attraverso una vera e propria rivoluzione del mondo produttivo indirizzata ad un approccio culturale nuovo che mira ad una ricerca industriale appropriata di strategie ecosostenibili, atti a ridurre l'impatto ambientale. Numerose indagini sull'utilizzo del tempo da parte della popolazione dei paesi maggiormente sviluppati hanno rivelato che la popolazione trascorre pochissimo tempo all'aperto soprattutto nelle aree urbane; infatti, la maggiore parte del tempo viene trascorsa in ambienti chiusi. Dunque diventa importante parlare di qualità dell'arredamento interno per la salubrità dell'uomo; per questo motivo il concetto di inquinamento interno, è diventato una tematica molto importante a fronte di una maggiore attenzione verso gli ambienti in cui si vive.

In Italia la maggior parte della popolazione non risulta sufficientemente informata sulla problematica dell'inquinamento indoor, che deriva dalla sostanza nocive contenute ed emesse dai mobili che fanno parte dell'arredamento interno, e ciò è testimoniato dalla sempre maggiore richiesta di informazioni e approfondimenti da parte di singoli cittadini o di mezzi di comunicazione di massa. La qualità dell'aria negli ambienti indoor è priva di veri e propri riferimenti normativi, pertanto, la necessità di confrontare i livelli di inquinanti misurati con riferimenti scientifici, ha messo in evidenza l'assenza di linee guida/o di valori utili [1]. Nel presente lavoro viene approfondito lo studio di un marchio innovativo, LEED, atto a certificare le aziende maggiormente attente al contenuto delle sostanze nocive nell'arredamento e quindi alla tutela degli ambienti interni.

## **2. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)**

Per quanto riguarda i differenti schemi di certificazione ambientale, il panorama culturale e informativo si è evoluto notevolmente a fronte di una coesistenza di certificazioni di vario tipo e di strumenti per valutare le condizioni di vita e di benessere dell'uomo nell'ambiente in cui vive. Si tratta di sistemi volontari di certificazione sulla sostenibilità e salubrità degli ambienti basato su un insieme di prerequisiti e crediti che determinano il grado, più o meno importante, di certificazione rilasciato dal marchio.

Leadership in Energy and Environmental Design - è un sistema di certificazione degli edifici volontario, nato in America ad opera di U.S. Green Building Council (USGBC), che viene oggi applicato in oltre 140 Paesi nel mondo. Lo standard LEED si configura come un sistema di valutazione complesso che permette di valorizzare quei progetti che nell'ambito dell'edilizia garantiscono un approccio globale alla sostenibilità. Gli standard LEED indicano una serie di requisiti per costruire edifici sostenibili sia dal punto di vista ambientale, sia dal punto di vista energetico nel consumo di tutte le risorse coinvolte nel processo di realizzazione [2]. Si basa su una struttura composta da 7 sezioni organizzate in prerequisiti e in crediti. I prerequisiti di ogni sezione sono obbligatori affinché l'intero edificio possa venire certificato; i crediti possono essere scelti in funzione delle caratteristiche tecniche del progetto [3]. Il sistema dei crediti è facoltativo e dà luogo a un'assegnazione di punti all'interno di alcune grandi categorie (sostenibilità del sito, gestione efficiente delle acque, energia ed atmosfera, materiali e risorse, qualità degli ambienti interni, innovazione nella progettazione, priorità regionali). In base al punteggio ottenuto, un edificio può così ottenere la certificazione: Certificato (40-49 punti); Argento (50-59 punti); Oro (60-79 punti); Platino (80-110 punti). Dalla somma dei punteggi dei crediti deriva il livello di certificazione ottenuto. Dunque più complete sono

le sezioni analizzate più alto sarà il livello di certificazione. Le sezioni prima citate sono le seguenti:

1) Sostenibilità del Sito (1 prerequisito, 8 crediti - max 26 punti): questa sezione affronta gli aspetti ambientali legati al sito entro il quale verrà costruito l'edificio ed al rapporto di questo con l'intorno. Gli obiettivi sono: limitare l'impatto generato dalle attività di costruzione, controllare il deflusso delle acque meteoriche, stimolare modalità e tecniche costruttive rispettose degli equilibri dell'ecosistema.

2) Gestione delle Acque (1 Prerequisito, 3 Crediti - max 10 punti): questa sezione approccia le tematiche ambientali legate all'uso, alla gestione e allo smaltimento delle acque negli edifici, monitorando l'efficienza dei flussi d'acqua e promuovendo la riduzione dei consumi idrici e il riutilizzo delle acque meteoriche.

3) Energia ed Atmosfera (3 Prerequisiti, 6 Crediti - max 35 punti): in questa sezione viene promosso il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici, l'impiego di energia proveniente da fonti rinnovabili o alternative ed il controllo delle prestazioni energetiche dell'edificio.

4) Materiali e Risorse (1 Prerequisito, 7 Crediti - max 14 punti): in quest'area vengono prese in considerazione le tematiche ambientali correlate alla selezione dei materiali, alla riduzione dell'utilizzo di materiali vergini, allo smaltimento dei rifiuti e alla riduzione dell'impatto ambientale dovuto ai trasporti.

5) Qualità Ambientale Interna (2 Prerequisiti, 8 Crediti - max 15 punti): questa sezione affronta le preoccupazioni ambientali relazionate alla qualità dell'ambiente interno, che riguardano la salubrità, la sicurezza e il comfort, il consumo di energia, l'efficacia del cambio d'aria e il controllo della contaminazione dell'aria.

6) Innovazione nella Progettazione (2 crediti - max 6 punti): questa sezione ha come obiettivo l'identificazione degli aspetti progettuali, che si distinguono per le caratteristiche di innovazione e di applicazione delle pratiche di sostenibilità nella realizzazione di edifici.

7) Priorità Regionale (1 Credito - max 4 punti): tale area ha come obiettivo quello di incentivare i gruppi di progettazione a focalizzare l'attenzione su caratteristiche ambientali del tutto uniche e peculiari della località in cui è situato il progetto [3].

Inoltre, la certificazione si basa su più livelli, e la somma dei punteggi dei crediti determina il livello di certificazione dell'edificio. Su 110 punti disponibili nel sistema di rating LEED, almeno 40 devono essere ottenuti per livello di certificazione base.

I punti di certificazione si articolano su 4 livelli. All'interno della sezione 5- Qualità ambientale interna - si trova il requisito denominato "Materiali basso emissivi" che è quello di maggior interesse per il settore dell'arredamento. In pratica, partendo dal presupposto che il mobilio può contribuire ad immettere nell'ambiente interno degli edifici sostanze nocive, all'interno dei vari regolamenti LEED si chiede di sottoporre il mobile a prova, in un laboratorio indipendente accreditato ISO 1702 [4]. L'implementazione di ciò descritto sopra per le aziende genera dei costi, che vengono compensanti, magari non nell'immediatezza, ma sicuramente con notevoli benefici e vantaggi, che implicano una maggiore competitività nel mercato, un maggiore appeal da parte del cliente nei confronti del prodotto aziendale, facendo così migliorare la posizione di mercato dell'azienda, e permettendo ad essa di avere la garanzia che i propri prodotti ed i cicli di vita dei suoi output nella fase di fabbricazione siano sviluppati correttamente secondo un'attenta analisi di un marchio importante a livello internazionale.

### **3. Settore dell'arredamento interno**

L'ambiente, il territorio, che può essere montuoso, collinare, marino forma il cosiddetto design-territoriale. Poiché "l'occhio vuole la sua parte" e per questo l'uomo oltre ad attenzionare l'ambiente esterno, tutelandolo per godere delle sue meraviglie, ha deciso di curarsi anche dell'ambiente interno, arredandolo a suo piacimento, scegliendo tra i migliori marchi e mi-

giori designer, affinché essi potessero soddisfare i suoi desideri. Ecco come nasce e come prende piede in un mercato già ricco di alternative di prodotto il settore dell'arredamento interno [5], che si compone di due comparti: quello del mobile che pesa per il 60% e quello del legno che assorbe il restante 40% della produzione complessiva. Analizzando nel dettaglio il settore del legno, il mercato italiano (dato dalla somma di produzione interna ed importazioni, meno le esportazioni) rappresenta il 2,1% dell'intero fatturato del settore industriale. A livello di sottosectori, i mercati più importanti in termini relativi sono quelli del legno tagliato, piallato o impregnato, con una quota del 26,7% sull'intero settore, i lavori di falegnameria e lavori di carpenteria per costruzioni di legno, con una quota del 24,7% ed i fogli da impiallacciatura; compensato, pannelli stratificati, pannelli di fibre e di particelle ed altri pannelli, con una quota del 24,3% [6]. La filiera produttiva del Legno Arredo, che comprende sia i settori a monte (industria del legno per i mobili e l'edilizia, dei semilavorati e dei componenti dell'arredamento), sia i settori a valle dell'industria dell'arredamento è forte di una capacità di rappresentanza a livello mondiale. Essa costituisce infatti, insieme ad altre "famiglie pregiate" uno dei grandi motori del Made in Italy e può essere considerata come uno dei migliori esempi di innovazione italiana. La filiera del Legno-Arredo è in grado di vantare una forte integrazione sistemica. Essa è infatti espressione di avanguardia del design ed è leader mondiale nella capacità di esportare marchi e prodotti italiani in tutto il resto del mondo. Le imprese italiane oggi giocano un ruolo importante sia raccogliendo il primato sui mercati di sbocco più prestigiosi (gli USA in primo luogo), ma anche contrastando attivamente con strategie evolute i mercati emergenti riconosciuti ormai esperti imitatori di marchi. Il sistema Legno-Arredo è caratterizzato dalla prevalenza di imprese di piccola e media dimensione a proprietà familiare operanti in distretti industriali e dall'elevato grado di deverticalizzazione, che rende la sub-fornitura specializzata un importante anello della filiera produttiva [6]. L'importanza del sistema legno arredamento nell'economia italiana emerge con ancora maggiore evidenza nel confronto internazionale, soprattutto con riferimento alla fabbricazione di mobili. Per quanto riguarda il settore del legno, la produzione manifatturiera italiana rappresenta il 2%. Questo dato è nettamente superiore rispetto a quello registrato in altri grandi paesi dell'UE, anche se inferiore a quello di Portogallo (4,6%), Spagna (2,2%) e paesi nordici - Finlandia (5,4%), Austria (5,1%), Svezia (4,8%), Norvegia (4%), Danimarca (2,6%) - in quanto sono tradizionalmente paesi esportatori di legname. Il settore del mobile, invece, ha per l'economia italiana un'importanza relativa pari al 2,9%, seconda solo a quella della Danimarca la cui produzione di mobili è pari al 4% rispetto alla produzione nazionale [6]. Il consumo mondiale di mobili valutato a prezzi di produzione (escluso cioè il markup per la distribuzione) è di circa 440 miliardi di dollari USA. Il grado di apertura dei mercati (cioè il rapporto fra importazioni e consumi) è attualmente dell'ordine del 27% [7]. I principali Paesi importatori di mobili sono Stati Uniti, Germania, Francia e Regno Unito. Le importazioni degli Stati Uniti, dopo la crisi del 2008 e 2009, si sono riprese e nel 2014 ammontano a circa 29 miliardi di dollari USA. L'attività innovativa largamente più diffusa è stata quella dell'acquisto di nuovi macchinari che assorbe l'83% del totale della spesa, mentre le altre voci, comprese quelle in R&S assorbono quote marginali e comunque inferiori al 5% [8]. La situazione è leggermente diversa nel caso della produzione dei mobili, in cui il peso dell'acquisto di macchinari scende al 65% e quello degli investimenti in R&S sale al 14,5% [8]. Tra le altre modalità di spesa deve essere citata la progettazione industriale e le altre attività preliminari alla realizzazione di nuovi prodotti. Per quanto riguarda la relazione tra tipo di spesa innovativa e dimensione di impresa, i dati sul settore del legno e dei mobili confermano che sono prevalentemente le imprese con 100 addetti ad investire in ricerca (interna ed esterna), in progettazione industriale o nell'acquisizione di know-how tecnologico, mentre quelle con meno di 100 addetti innovano - come accade d'altronde in tutto il settore manifatturiero- prevalentemente acquisendo nuovi macchinari o nuove attrezzature di produzione [8]. Infatti, tra i punti ritenuti più importanti ci

sono: la crescente attenzione al miglioramento della qualità dei prodotti, la riduzione del costo del lavoro, l'entrata in nuovi mercati o l'aumento della propria quota di mercato. Tra i punti di forza bisogna invece menzionare il Design, la qualità dei prodotti, la forte presenza di distretti nel settore e l'imprenditorialità. Tra i punti di debolezza del settore bisogna menzionare le piccole dimensioni delle imprese e la carenza di formazione. Come noto, il settore è caratterizzato dalla presenza di imprese di piccola e media dimensione a proprietà familiare. Questo ha portato diversi tipi di problemi, tra cui il fatto che solo poche imprese cioè quelle di maggiore dimensione e con attività di esportazione organizzata sono state in grado di affrontare le turbolenze dei mercati. Dunque, un settore che è dotato di tante caratteristiche, ma la sua adattabilità ai vari mercati internazionali lo rende appetibile a tanti imprenditori che ne vogliono ricavare il meglio.

#### **4. Applicazione del LEED in azienda**

L'azienda analizzata, leader nel mercato dell'arredamento interno, è alla continua ricerca di cosa poter fare per migliorare la sostenibilità ambientale dei propri processi e dei propri prodotti, ha "sposato" la normativa LEED come base normativa per certificare le basse emissioni di sostanze nocive per l'uomo; questo perché spesso viene chiamata ad offrire prodotti che presentano caratteristiche che contribuiscono al punteggio LEED (in particolare per i contract, raramente per le vendite retail). Essa, applicabile ai prodotti dell'azienda, prende ad esempio in considerazione le emissioni di Sostanze organiche volatili, l'utilizzo di materiale a base di legno riciclato o proveniente da una gestione sostenibile o ancora la definizione della distanza degli approvvigionamenti.

L'azienda utilizza, per la struttura dei suoi prodotti e per molti altri elementi, pannelli con le più basse emissioni di formaldeide, sostanza impiegata per la produzione di molti collanti e resine, a loro volta utilizzati anche nelle lavorazioni dei pannelli di legno. I pannelli prodotti in questo modo possono rilasciare nell'ambiente delle molecole di formaldeide in forma gassosa che, in grandi concentrazioni, possono essere nocive per l'uomo.

L'azienda ha già avviato l'utilizzo di prodotti e tecnologie che riducono l'impatto ambientale collegato all'applicazione di vernici sui manufatti. L'azienda sopra citata, vanta la presenza di diversi modelli che sfruttando le nuove tecniche produttive, utilizzano ridottissimi quantitativi di vernice e ricerca costantemente le migliori soluzioni tecnologiche al fine di eliminare ogni sostanza pericolosa. In particolare, come abbiamo detto, sono ridotti al minimo i cosiddetti COV (Volatile Organic Compounds), che vengono monitorati costantemente attraverso l'esecuzione di prove di laboratorio, in osservanza dei rigidi standard della normativa internazionale LEED. L'esecuzione di questi test permette di controllarne costantemente i limiti, valutare i margini di riduzione, in modo da adottare i processi che offrono le prestazioni migliori. Con tali prove l'azienda ha innanzitutto verificato che i propri prodotti erano già conformi ai requisiti della norma. Per dare qualche numero la prima fase della certificazione della durata di tre anni ha visto l'esecuzione di una quarantina di test ognuno dei quali ricerca la presenza di emissioni di oltre 100 composti organici volatili. Nei pochi casi in cui si trovava sopra il limite, l'azienda ha corretto i processi e i prodotti utilizzati soprattutto con la collaborazione dei fornitori.

Liquidare i costi sostenuti è un processo complicato per l'azienda. Ovviamente, uno dei costi sostenuti è quello della certificazione, dove il principale è legato all'esecuzione delle prove, che sono sia molte sia impegnative in termini di durata.

I costi non vengono considerati dall'azienda come uno svantaggio per il raggiungimento della certificazione che prevede comunque tanto impegno da mettere. L'impegno è ripagato dai vantaggi che LEED offre: garanzie per il consumatore, riduzione del consumo di risorse, maggiore forza competitiva non solo sul mercato nazionale, ma in particolare in quello americano.

## 5. Conclusioni

LEED è lo standard di certificazione energetica e di sostenibilità più diffuso al mondo: consiste in un insieme di criteri sviluppati negli Stati Uniti e applicati in oltre 130 paesi del mondo per la progettazione, costruzione e gestione di edifici sostenibili dal punto di vista ambientale, sociale, economico e della salute. Raggiungere la certificazione LEED per l'azienda vuol dire sostenere dei costi economici e degli sforzi dal punto di vista dell'impegno che potrebbero scoraggiare quest'ultima. Impegno e costi che, se valutati da un altro punto di vista, portano a vedere il raggiungimento della certificazione LEED come un traguardo per l'azienda che vedrebbe ripagati i propri sforzi e sacrifici. Infatti se da un lato possiamo riscontrare alcuni svantaggi legati alla certificazione, dall'altro non è difficile notare come l'azienda avrebbe sicuramente dei vantaggi di diversa natura. Basti pensare alle garanzie date ai consumatori, riduzione del consumo di risorse, maggiore competitività sul mercato nazionale e internazionale. Secondo alcuni studi l'investimento iniziale extra pari al 2% del totale permetterà risparmi superiori a dieci volte l'investimento iniziale, spalmati sul ciclo di vita produttiva. In quest'ottica sarebbe allora più corretto parlare di costi della NON certificazione se si considera il ritorno economico e di immagine legato appunto alla certificazione al fronte di un investimento iniziale sostenuto dall'azienda.

## Bibliografia

[1] MORSELLI L., *Le vie dello sviluppo attraverso la green economy*, Atti del 16 Convegno Ecomondo, "la qualità dell'aria negli ambienti indoor: stato dell'arte, linee di intervento ed opportunità", Rimini, 07-10 Novembre 2012, pag.1195.

[2] <http://www.gbcitalia.org/page/show/struttura-e-livelli-di-leed?locale=it>

[3] <http://www.gbcitalia.org/page/show/%E2%97%8F-leed-leadership-in-energy-and-environmental-design>

[4] UNI CEI EN ISO/IEC 17025, Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura, 2000.

[5] FAVA F., *Green economy: ricerca, innovazione e azioni nel mediterraneo*, in Atti del 18 Convegno Ecomondo, "la qualità dell'aria indoor in Italia: la situazione, le prospettive ed i controlli", Rimini, 05-08 Novembre 2014, pp.483-489

[6] <http://exportonline.org/documenti/Scheda%20settore%20-%20Arredo.pdf>

[7] <http://www.federmobili.it/articolo.do?newsid=269>

[8] [http://www.monitorsettori.it/filca/documenti/legno\\_arredo\\_IPI.pdf](http://www.monitorsettori.it/filca/documenti/legno_arredo_IPI.pdf)

# EFFICIENT CIRCULAR INDUSTRY

## LA PRATICA DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE IN ITALIA. CASI APPLICATIVI ED ORIENTAMENTI ALLA LUCE DELLE INIZIATIVE NAZIONALI, EUROPEE ED INTERNAZIONALI

Il 2 dicembre 2015 la Commissione europea ha pubblicato il pacchetto sull'economia circolare che prevede una serie di azioni per la chiusura dei cicli nei processi produttivi e nel ciclo di vita dei prodotti con ricadute misurabili in termini di aumento delle percentuali di riciclo/riuso e di benefici tangibili per ambiente ed economia, tra cui la simbiosi industriale. In ambito G7, l'“*Alliance on Resource Efficiency*” ha individuato nella simbiosi industriale uno dei punti cardine per la strategia per l'efficienza nell'uso delle risorse. La simbiosi industriale (SI) è riconosciuta quindi come una potente pratica per l'uso efficiente delle risorse e la chiusura dei cicli in linea con l'economia circolare. Attraverso la SI si valorizzano le risorse sul territorio e in aree e distretti industriali e si promuovono modelli di reti e relazioni in grado di stimolare il trasferimento di risorse tra industrie dissimili. L'obiettivo della sessione è *raccogliere esperienze reali di simbiosi industriale e confrontarsi sulle prospettive più recenti offerte a livello nazionale ed internazionale per sviluppare, implementare e favorire l'adozione di buone pratiche di simbiosi industriale.*

A cura di: **CTS Ecomondo e ENEA**

**Presidente di sessione:**

- Laura Cutaia, *ENEA*

- Vito Albino, *Politecnico di Bari*



# Implementazione della Circular Economy in ambito urbano attraverso il vehicle sharing

*Chiara Aleppo, chiaraaleppo@gmail.com - Marcello Silvio Arona - Adriano Di Franco - Clelia Gentile - Federica Giunta  
Università degli Studi di Catania - Dipartimento Economia e Impresa - Catania*

## **Abstract**

*Il 'carbon footprint' misura l'impatto creato dalle attività umane sull'ambiente in termini di quantità di gas serra prodotti nei diversi cicli produttivi, derivanti dai trasporti, dalla combustione di fonti fossili e dall'energia consumata. In una realtà urbana estesa, diverse possono essere le fonti di immissione della CO<sub>2</sub>, e rimane compito dell'Ente proporre soluzioni alternative atte a ridurre tali emissioni al fine di migliorare la qualità della vita e la salute dei cittadini.*

*Nell'ottica di implementare una mobilità intelligente in una delle maggiori città metropolitane del Sud Italia, Catania, l'Ente Locale ha deciso di adottare a partire dal mese di giugno 2016 la politica del car/scooter sharing, primo esempio nel Meridione, dopo le città di Milano, Roma, Torino e Firenze. Tale politica ha l'obiettivo di far condividere i veicoli all'interno di una ecosistema di trasporti intelligente, con costi contenuti per l'utente, iscrizione gratuita online, sosta gratuita nei parcheggi a pagamento, libero accesso alle Zone a Traffico limitato (ZTL) e la continua disponibilità di veicoli il cui reperimento è facilitato e automatizzato da una apposita app per smartphone.*

*Questo lavoro, dopo aver descritto l'incidenza dello strumento vehicle sharing nella applicazione della economia circolare in una grande metropoli del Sud Italia, ha l'obiettivo di indagare sulla sensibilità all'utilizzo di questo nuovo strumento proattivo; a tal fine, è stato redatto un apposito questionario sottoposto a diverse categorie di cittadini, al fine di comprendere la piena conoscenza e i metodi di utilizzo dello strumento e indagare sulla propensione alla sua fruizione.*

## **Summary**

*In order to implement an intelligent mobility in one of the local authority has the major metropolitan cities in South Italy, Catania, decided to adopt as from June 2016 of the car / scooter sharing policy, the first example in the South, after cities of Milan, Rome, Turin and Florence. This policy has the objective to share the vehicles within an ecosystem of intelligent transport, with reduced costs for the user, free online registration, free parking, free access to the restricted traffic areas and the continued availability of vehicles for which the finding is made easier and automated by a special app for smartphones. This paper has the objective to investigate the sensitivity to the use of this new proactive tool; it has been prepared a questionnaire submitted to different categories of citizens, in order to understand the full knowledge and methods of use of the instrument and investigate the propensity to its fruition.*

## 1. Introduzione

La circular economy, secondo la definizione che ne dà la Ellen MacArthur Foundation, «è un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In una circular economy i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera» [1]. Essa è dunque un sistema in cui tutte le attività, a partire dall'estrazione e dalla produzione, sono organizzate in modo che i rifiuti di qualcuno diventino risorse per qualcun altro [2]. Nell'economia lineare, invece, finito il consumo termina anche il ciclo del prodotto che diventa rifiuto, costringendo la catena economica a riprendere continuamente lo stesso schema: estrazione, produzione, consumo, smaltimento [3].

La circular economy comprende la progettazione dall'inizio di un sistema più virtuoso rispetto a quello che regola l'economia lineare: prevede innanzitutto che vengano utilizzate in modo massiccio le fonti di energia rinnovabile (elemento centrale della sostenibilità); che ci sia un grande passaggio di informazioni tra i diversi soggetti economici. Essa elimina l'obsolescenza programmata dei prodotti e potrebbe introdurre anche una serie di cambiamenti a livello culturale. Quella circolare è una forma di economia più collaborativa, che mette al centro non tanto la proprietà e il prodotto in quanto tale, ma la sua funzione e il suo utilizzo [4].

Al fine di applicare un'economia circolare in una grande metropoli viene analizzato il tema della mobilità sostenibile che negli ultimi anni sta diventando uno degli argomenti di maggiore dibattito nell'ambito delle politiche ambientali locali, nazionali e internazionali volte a ridurre l'inquinamento.

## 2. La mobilità urbana sostenibile

La mobilità urbana sostenibile consiste nell'ottimizzazione della gestione del traffico veicolare, ovvero nella programmazione ed incentivazione dell'uso dei mezzi pubblici di trasporto per un'efficace salvaguardia delle condizioni atmosferiche e ambientali, soprattutto nei centri urbani [5].

Essa, in particolare, è in grado di diminuire gli impatti ambientali, sociali ed economici generati dai veicoli privati, e cioè:

- L'inquinamento atmosferico e l'emissione di gas serra;
- L'inquinamento acustico;
- La congestione stradale;
- L'incidentalità;
- Il consumo energetico [6].

Le amministrazioni pubbliche rientrano tra i principali responsabili della promozione e dell'organizzazione della mobilità sostenibile e, infatti, la maggior parte degli interventi è finalizzata a ridurre la presenza di autoveicoli privati negli spazi urbani per favorire la mobilità alternativa che può essere svolta a piedi, in bicicletta, con i mezzi di trasporto pubblico (sistema ferroviario, metropolitana, autobus...). con i mezzi di trasporto privato condivisi (car-sharing).

Tra i vantaggi indiretti della mobilità urbana sostenibile sono compresi la messa in sicurezza degli utenti deboli della strada, tra cui vi sono gli studenti e le persone anziane, l'intermodalità, l'accessibilità e la fruizione universale degli spazi pubblici e la diminuzione del traffico veicolare, con conseguente riduzione dell'emissione di CO<sub>2</sub>.

Uno degli strumenti madre della mobilità urbana sostenibile è il car sharing, oggetto di analisi di questo paper, il quale permette di utilizzare un'automobile su prenotazione, prelevandola e riportandola nelle aree di sosta e parcheggio disponibili nelle città e facendo pagare all'utente il servizio in ragione all'esclusivo utilizzo fatto.

Nello specifico, viene analizzata la recente implementazione di questo strumento nel comune di Catania, che già da tempo promuove iniziative sperimentali nell'ambito del progetto "Mo-

bilità Sostenibile”, fra cui una nuova area metropolitana ed una pista ciclabile più estesa [7]. Mediante questo progetto il comune etneo intende raggiungere obiettivi quali: la realizzazione di una politica pubblica per una mobilità ecocompatibile, il miglioramento della qualità della vita urbana e la riduzione dell’inquinamento ambientale. Inoltre, è da considerare e mettere in evidenza il fatto che Catania rappresenta un punto di raccordo con i diversi paesi dell’hinterland etneo, orientati alla città per motivi di studio o di lavoro, e ciò rappresenta la causa principale delle difficoltà di accesso ai principali nodi di collegamento che sono sempre meno adatti a far fronte a intensità e livelli di traffico tanto elevati [8]. Proprio per questo, al fine di migliorare le condizioni di circolazione stradale e di sicurezza per i pedoni, i mezzi di trasporto collettivo e i veicoli privati, da alcuni mesi a questa parte nella città di Catania è disponibile il servizio di car sharing chiamato Enjoy.

### **3. Caso studio: Enjoy**

È stata scelta quale oggetto di analisi la metropoli di Catania, sita ai piedi del vulcano Etna (alto m.3350), in quanto è un’area molto trafficata con un basso sviluppo delle arterie locali per la circolazione dei veicoli.

Gli abitanti di Catania sono 300.601, mentre la Metropoli etnea raggiunge 733.833 abitanti, che rendono l’area metropolitana una delle agglomerazioni più popolate d’Italia [9]. A Catania il rapporto autovetture/abitanti è pari a 2 autovetture ogni 3 residenti [10]. Il servizio di car sharing adottato dalla metropoli catanese è Enjoy, il “Vehicle-Sharing” targato Eni con 200 mezzi (170 Fiat 500 e 30 scooter Mp3 Piaggio omologate rispettivamente Euro6 ed Euro2), già presente in altre grandi città italiane quali Firenze, Milano, Roma e Torino. Questo servizio viene utilizzato all’interno di politiche di mobilità sostenibile, in modo da consentire di rinunciare all’automobile privata ma non alla flessibilità delle proprie esigenze di mobilità. L’auto, in questo modo, passa dall’ambito dei beni di consumo a quello di servizi. L’ utilizzo è semplice ed immediato: basta scaricare l’app sul proprio smartphone, registrarsi, visualizzare il mezzo più vicino e prenotarlo. Dopodiché, si è liberi di circolare su un’area coperta di circa 30 kmq e lasciare il veicolo in un qualsiasi parcheggio (strisce bianche, blu o aree indicate in alcune stazioni di servizio Eni) [11]. Le Fiat 500 avranno libero accesso e transito nelle ZTL. Enjoy è un servizio innovativo e sostenibile che offre nuova energia alla mobilità catanese grazie alle tariffe più competitive esistenti sul mercato: 0,25€ al minuto per le auto (per i primi 50 km, dopo i quali si applica anche il costo al km di 0,25€), oppure tariffa giornaliera di 50€; 0,35 € al minuto per gli scooter (per i primi 50 km, dopodiché si applica la stessa tariffa prevista per le auto), oppure tariffa giornaliera di 60€ [12]. Per entrambi i mezzi c’è la possibilità di effettuare la “prenotazione estesa”, che prevede i primi 15 minuti gratuiti e dal 16esimo al 90esimo una tariffa di 0,10 € al minuto. Le tariffe Enjoy sono uguali in ogni città in cui il servizio è presente ed il costo è “all inclusive” perché comprende anche le spese di assicurazione, manutenzione, carburante e parcheggio. Per tutti i veicoli ci sono motori poco inquinanti, a cui si aggiungono i vantaggi del software Eco-drive, un programma messo a punto da Fiat che è in grado di fornire al conducente informazioni e consigli su un corretto stile di guida di chiave prettamente ecologica. Per questo motivo, si è posta notevole attenzione anche alla pulizia delle vetture che sono costantemente lavate usando metodi che non prevedono l’impiego di acqua, evitando in tal modo lo spreco di questa preziosa risorsa naturale e assicurando un risparmio stimato in circa 130 litri d’acqua per ogni lavaggio [13].

### **4. Questionario sulla Customer Satisfaction**

Obiettivo di questa studio è effettuare una attenta indagine quali/quantitativa sulla propensione all’uso e alla soddisfazione del cittadino catanese nell’utilizzo dello strumento innovativo posto in essere dall’Assessorato della Mobilità e dall’azienda ENI, al fine di quantificare

il potenziale mercato, sottolinearne i benefici e le criticità più evidenti da parte dei fruitori attuali e potenziali del servizio.

Il questionario, appositamente redatto con domande iniziali sulla descrizione del campione, a cui seguono domande specifiche sul grado di soddisfazione, di conoscenza e di utilizzo del servizio (tabella 1).

| Questionario di gradimento servizio Enjoy |  |       |      |            |        |
|---|--|-------|------|------------|--------|
| 1.  | Sesso  |       |      |            |        |
| 2.  | Età  |       |      |            |        |
| 3.  | Professione  |       |      |            |        |
| 4.  | Strumento alternativo al car sharing                   |       |      |            |        |
| 5.  | Tempo medio di utilizzo                                |       |      |            |        |
| 6.  | Disponibilità media a pagare al km                     |       |      |            |        |
| 7.  | Numero medio di persone che utilizzano ciascun veicolo |       |      |            |        |
|   |  | Molto | Poco | Per niente | Non so |
| Conosci Enjoy                             |  |       |      |            |        |
| Utilizzo Enjoy                            |  |       |      |            |        |
| Convenienza del servizio                  |  |       |      |            |        |
| Efficienza dei veicoli                    |  |       |      |            |        |
| Decremento traffico urbano                |  |       |      |            |        |
| Inquinamento acustico                     |  |       |      |            |        |
| Cambiamenti nelle ZTL                     |  |       |      |            |        |
| Facilità di utilizzo dell'app             |  |       |      |            |        |
| Soddisfazione del servizio                |  |       |      |            |        |
| Lo consiglieresti?                        |  |       |      |            |        |

**Tab.1** – Questionario sulla customer satisfaction del servizio Enjoy

## 5. Risultati del questionario

Su 50 soggetti intervistati, il 100% ha risposto al questionario: ciò è dovuto ad un incremento della qualità dell'informazione e della comunicazione da parte degli utenti, al fine di offrire servizi migliori e creare un dialogo costante con i cittadini. Dal questionario risulta che la maggior parte dei cittadini è venuta a conoscenza del servizio Enjoy, ma solo pochi ne hanno usufruito, nonostante sia stato reputato conveniente come servizio e facile da utilizzare grazie ad un'app molto intuitiva. Se da un lato non è stato rilevato un decremento del traffico urbano, si è osservata una migliore fluidità nelle ZTL. Tutto questo, unito ad un'effettiva efficienza dei veicoli, dimostra come la maggior parte dei soggetti che ha risposto al questionario consiglierebbe Enjoy.

Questi risultati si evincono dai questionari di gradimento a cui è stato sottoposto un campione: Femmina: 40%; Maschio: 60%; Età media: 26 anni; Professione: maggioranza studenti; Zona abitativa: Catania e dintorni; Strumento alternativo al car sharing: Mezzi pubblici; Tempo medio di utilizzo: 46 minuti; Disponibilità media a pagare al chilometro: 0,40; Numero medio di persone che utilizzano ciascun veicolo: 3.

Conosci Enjoy: Molto = 80% / Poco = 20%

Utilizzo Enjoy: Molto = 37,5% / Poco = 40% / Per niente = 22,50%  
 Convenienza del servizio: Molto = 42,50% / Poco = 37,50% / Per niente = 20%  
 Efficienza dei veicoli: Molto = 82,50% / Poco = 15% / Per niente = 1,25% / Non so = 1,25%  
 Decremento traffico urbano: Molto = 12,5% / Poco = 25% / Per niente = 57,50% / Non so = 5%  
 Inquinamento acustico: Molto = 17,50% / Poco = 45% / Per niente = 37,50%  
 Cambiamenti nelle ZTL: Molto = 25% / Poco = 35% / Per niente = 17,50% / Non so = 22,50%  
 Facilità di utilizzo dell'app: Molto = 50% / Poco = 17,50% / Non so = 32,50%  
 Soddisfazione del servizio: Molto = 65% / Poco = 12,5% / Non so = 22,50%  
 Lo consiglieresti?: Molto = 90% / Poco = 10%

## 6. Vantaggi e conclusioni

Le persone che hanno scaricato l'app negli ultimi mesi sono circa 3000. Inoltre, dalle nostre indagini, siamo pervenuti a tali dati:

Riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> del 10%;

Riduzione emissioni HC/CO e di NO<sub>x</sub>.

In particolare, la media annua di emissione di Biossido di azoto massimo consentito a Catania è di 40 µg/m<sup>3</sup>. Il biennio 2014/2015 ha registrato una media annua di 80 µg/m<sup>3</sup> che, anche grazie all'utilizzo di questo servizio innovativo, nel 2016 si è ridotta fino a 50 µg/m<sup>3</sup> con prospettiva di ulteriori riduzioni in futuro. Sono inoltre stati rilevati altri dati riguardanti i maggiori inquinanti nella città di Catania riportati nella tabella seguente:

| Stazioni di rilevamento        | CO  | NO <sub>2</sub> | OZONO | POLVERI (PM10) | SO <sub>2</sub> | BENZENE |
|--------------------------------|-----|-----------------|-------|----------------|-----------------|---------|
| Piazza A. Moro - Via Castorina | 0,4 | - - -           | 100,1 | 21,9           | - - -           | - - -   |
| Viale V. Veneto - C.so Italia  | 0,7 | 53,9            | - - - | 19,2           | 2,0             | 1,1     |
| Parco Gioeni                   | 0,5 | 43,4            | 91,0  | 20,6           | 1,6             | 0,1     |

**Tab. 2 – Stazione di monitoraggio inquinanti atmosferici- Catania**

## LEGENDA

### UNITÀ DI MISURA DEGLI INQUINANTI

CO mg/m<sup>3</sup> = milligrammi per metro cubo; NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup> = microgrammi per metro cubo

OZONO µg/m<sup>3</sup> = microgrammi per metro cubo; POLVERI µg/m<sup>3</sup> = microgrammi per metro cubo

SO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup> = microgrammi per metro cubo; BENZENE µg/m<sup>3</sup> = microgrammi per metro cubo

N.P. = Non Pervenuto - - - = la stazione non è dotata dello strumento

|  |  | VALORI LIMITE (2016)                            |                                       |
|--|--|---|---------------------------------------|
| <b>SO<sub>2</sub> (Anidride Solforosa)</b> | <b>350 (µg/m<sup>3</sup>)</b> Media oraria | <b>125 (µg/m<sup>3</sup>)</b> Media giornaliera | <b>500 (µg/m<sup>3</sup>)</b> Allarme |
| <b>NO<sub>2</sub> (Biossido di Azoto)</b>  | <b>200 (µg/m<sup>3</sup>)</b> Media oraria | <b>40 (µg/m<sup>3</sup>)</b> Media annua        | <b>400 (µg/m<sup>3</sup>)</b> Allarme |

|                                   |   |   |   |
|-----------------------------------|---|---|---|
| <b>O<sub>3</sub> (Ozono)</b>      | <b>120</b> (µg/m <sup>3</sup> ) Media 8 ore consecutive | <b>180</b> (µg/m <sup>3</sup> ) Avviso alla popolazione | <b>240</b> (µg/m <sup>3</sup> ) Allarme |
| <b>BENZENE</b>                    |   | <b>5</b> (µg/m <sup>3</sup> ) Media annua               |   |
| <b>POLVERI (PM10)</b>             | <b>50</b> (µg/m <sup>3</sup> ) Media giornaliera        | <b>40</b> (µg/m <sup>3</sup> ) Media annua              |   |
| <b>CO (Monossido di Carbonio)</b> | <b>10</b> (mg/m <sup>3</sup> ) Media 8 ore consecutive  |   |   |

**Tab. 3** – Rilevazioni dati maggiori inquinanti atmosferici- Catania

### Bibliografia:

- [1] <http://www.ilpost.it/2014/07/05/economia-circolare/>
- [2] <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>
- [3] [http://primisecoli.org/c/450261/Le\\_impresedel\\_riciclo\\_che\\_fanno\\_bene\\_all\\_economia.html](http://primisecoli.org/c/450261/Le_impresedel_riciclo_che_fanno_bene_all_economia.html)
- [4] <http://www.ambienteterritorio.coldiretti.it/tematiche/Etica-Ambiente-Sostenibilita/Pagine/Dallalot-taairifutiplasticiopportunit%C3%A0perilsettoreagricolo.aspx>
- [5] [http://www.treccani.it/vocabolario/mobilita-sostenibile\\_\(Neologismi\)/](http://www.treccani.it/vocabolario/mobilita-sostenibile_(Neologismi)/)
- [6] <http://www.minambiente.it/pagina/la-mobilita-sostenibile-nelle-aree-urbane-lattivita-del-ministero-dellambiente>
- [7] <http://www.comune.catania.it/>
- [8] M. T. Clasadonte - A. Matarazzo - A. Sabbia - B. V. Bruno, Linee guida di contabilità ambientale degli enti territoriali. Il Comune di Catania, 2005, pag. 106. Mobilità urbana sostenibile
- [9] <http://www.cittadicatania.com/catania/>
- [10] [http://www.repubblica.it/ambiente/2009/12/16/news/due\\_auto\\_ogni\\_tre\\_abitanti\\_il\\_triste\\_record\\_di\\_catania-1819748/](http://www.repubblica.it/ambiente/2009/12/16/news/due_auto_ogni_tre_abitanti_il_triste_record_di_catania-1819748/)
- [11] [https://www.eni.com/it\\_IT/media/2016/06/enjoy-arriva-per-la-prima-volta-al-sud-e-sbarca-a-catania-con-il-suo-vehicle-sharing](https://www.eni.com/it_IT/media/2016/06/enjoy-arriva-per-la-prima-volta-al-sud-e-sbarca-a-catania-con-il-suo-vehicle-sharing)
- [12] <https://enjoy.eni.com/it>
- [13] <http://www.greenstyle.it/enjoy-car-sharging-ambiente-66647.html>

# Il comparto tessile di Prato come esempio consolidato di Ecologia Industriale di distretto

*Alessandra Bonoli, [alessandra.bonoli@unibo.it](mailto:alessandra.bonoli@unibo.it), Silvia Bamonti, Rosangela Spinelli, DICAM, Università di Bologna, Bologna, Valentina Fantin, ENEA, Bologna*

## Riassunto

*Prato rappresenta uno dei più grandi distretti industriali italiani e uno dei centri più importanti a livello mondiale per le produzioni di filati e tessuti di lana. Da sempre il comparto ha promosso un approccio di piena collaborazione e compenetrazione fra i diversi attori, rappresentando dunque quello che oggi chiamiamo un esempio virtuoso di simbiosi industriale di distretto, grazie alla tipicità delle relazioni tra le imprese, il collegamento con il contesto sociale e la forte specializzazione. Un punto di forza della produzione tessile pratese è infatti il processo del riutilizzo dei tessuti per la produzione di lana e filati, che rappresenta un vantaggio strategico per la riduzione del consumo di materia prima e dei costi di produzione. Nel 2015 è stato creato il marchio “Cardato Recycled”, basato su approccio di ciclo di vita, che valorizza i prodotti del distretto pratese e certifica come essi siano realizzati con almeno il 65% di materiale riciclato.*

## Summary

*Prato is one of the main Italian industrial districts and one of the most important center for the production of wool fabrics and yarns at worldwide level. The district has promoted an approach of whole collaboration among different stakeholders and is therefore a virtuous example of industrial symbiosis at district level, thanks to the specific relationships among companies, the connection with the social context and the high specialization. The strength of Prato's textile production is indeed the re-use of fabrics for the production of wool and yarns, which is a strategic advantage for the reduction of both materials consumption and production costs. The label “Cardato Recycled”, based on life cycle approach, was established in 2015. It enhances the Prato's district products and certifies that they are produced with a minimum recycled content of 65%.*

## 1. Introduzione

Il Distretto Tessile Pratese ha una tradizione centenaria e rappresenta circa il 3 per cento della produzione tessile europea, esportando ogni anno più di 2,5 miliardi di euro di prodotti di abbigliamento realizzati per alcuni dei marchi internazionali più famosi [1]. Rappresenta inoltre uno dei centri più importanti a livello mondiale per le produzioni di filati e tessuti di lana: vi si producono tessuti per l'industria dell'abbigliamento, prodotti tessili per l'arredamento, filati per l'industria della maglieria, tessuti non tessuti e tessili speciali per impieghi industriali. È inoltre considerato il più importante centro laniero d'Europa, con circa 8.000 aziende tessili, la maggior parte delle quali di piccole e medie dimensioni tra loro indipendenti, ognuna specializzata in una specifica attività (filatura, ritorcitura, orditura, tessitura, tintoria e rifinizione o finissaggio) [2].

Da sempre il comparto ha promosso un approccio di piena collaborazione e compenetrazione fra i diversi attori, rappresentando dunque quello che oggi chiamiamo un esempio virtuoso di simbiosi industriale di distretto, grazie alla tipicità delle relazioni tra le imprese, il collegamento con il contesto sociale e la forte specializzazione la frammentazione e la ricomposizione del ciclo produttivo, la presenza di comparti collegati, nonché una significativa attenzione alla sostenibilità ambientale.

## 2. Relazione

Le aziende del distretto sono per la maggior parte composte da 1 a 9 dipendenti, circa l'85%, mentre il numero di imprese composte da 10 a 49 dipendenti rappresenta circa l'8%. Si registrano solo 61 imprese con un numero di addetti superiore [2]. Molto importanti sono i numeri economici che nel 2013 hanno raggiunto il valore di 4.270 mln € di fatturato con un export di 2.342 mln € pari al 35% delle vendite di tutto il settore moda. Le imprese di Prato hanno mostrato nel tempo una elevata capacità di seguire e interpretare i mutamenti del mercato, cogliendone e sviluppandone le diverse opportunità, e nel contempo di porre attenzione al tema dei rifiuti e del riciclo, dell'energia e dell'acqua.

Un punto di forza del comparto è rappresentato dalla realizzazione dell'acquedotto industriale, che già da anni consente il recupero e il riutilizzo delle acque reflue, con un significativo risparmio dei consumi idrici primari da parte delle singole aziende. Importante, ancora, dal punto di vista dell'attenzione all'ambiente, la recente sottoscrizione allo standard Detox [1] che consiste nell'impegnarsi a eliminare l'utilizzo di tutte le sostanze chimiche pericolose entro il 2020 e a esigere, da parte di tutti i fornitori, di rendere pubblici, su una piattaforma online indipendente, i dati relativi allo scarico di inquinanti dalle loro strutture nell'ottica della massima trasparenza. Il comparto di Prato, all'inizio del 2016, ha sottoscritto questo accordo che interessa più di 13 mila tonnellate di filati e materie prime e oltre 13 milioni di tessuto prodotti ogni anno. L'accordo di Prato prevede l'eliminazione delle sostanze tossiche prodotte ogni anno da 4.500 tonnellate di filati, 1.800 tonnellate di materie prime tessili, 3.700 tonnellate di filati tinti, 8 milioni e 800 mila metri di tessuti tinti e 3.200 tonnellate di formulazioni chimiche per l'industria tessile.

Un altro aspetto importante riguarda il coinvolgimento di un gran numero di soggetti, pubblici e privati (enti locali, associazioni di categoria, istituti di credito, camere di commercio), negli atti, nei progetti e negli interventi di politica industriale a favore dello sviluppo del distretto per l'innovazione tecnologica, i sistemi di qualità, nel supporto alla collaborazione tra imprese nello sviluppo di attività e nella formazione [2].

Infine, il processo del riutilizzo dei tessuti per la produzione di lana e filati rappresenta un elemento particolarmente significativo della produzione tessile pratese su cui ci si è particolarmente soffermati in questo studio. Attraverso un processo industriale tipico del distretto si ricostruisce la fibra di lana o il filato a partire da stracci o vestiti non più in uso. Questo processo rappresenta un vantaggio strategico per la riduzione del consumo di materia prima e dei costi di produzione se si considera che la lana proveniente dal riutilizzo degli stracci ha un costo 10 volte inferiore a quello della lana vergine. La lana cardata è un prodotto di differenziazione rispetto agli altri distretti tessili italiani, quali Biella, Como o Carpi [3].

### 2.1 Il marchio *Cardato Recycled*

Il distretto è sempre stato attento a valorizzare i prodotti sia per gli aspetti ambientali che per una tutela del prodotto tipico del territorio. In questo contesto, nel 2008 nacque il marchio "Cardato Regenerated CO<sub>2</sub> Neutral"[4], un marchio che riconosceva i prodotti del distretto sia per la particolare e speciale attività del riciclo della lana che per un sistema di gestione di controllo delle emissioni di gas serra. Il marchio garantiva la compensazione delle emissioni del processo di produzione del tessuto, certificando allo stesso tempo che era stato realizzato

con materia prima rigenerata nel Distretto Pratese. Le aziende quindi si impegnavano a garantire che i loro tessuti derivassero da processi di rigenerazione della lana eseguiti interamente nel distretto, sottoponendosi a un processo di misurazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> da neutralizzare poi tramite l'acquisto di crediti verdi riconosciuti a livello internazionale dal Protocollo di Kyoto [5]. Nel 2015, dopo un'attenta valutazione delle evoluzioni del mercato e per andare incontro alle esigenze manifestate anche dalle aziende, si è ritenuto necessario apportare delle modifiche. Il nuovo marchio Cardato Recycled è molto importante per il prodotto tipico del territorio, valorizzato con la trasparenza di tutto il ciclo produttivo ecocompatibile ed ecosostenibile. Nella creazione del nuovo marchio si è deciso di utilizzare la nuova metodologia dell'impronta ambientale di prodotto, Product Environmental Footprint (PEF), così come definita dalla Commissione Europea [6] per rispondere alle aspettative dei clienti, sempre più interessati a prodotti ecosostenibili, e per anticipare i concorrenti sui mercati internazionali dove l'atteggiamento proattivo, in altri settori, ha prodotto ottimi risultati. Ad oggi il nuovo marchio misura l'impatto ambientale dei prodotti, con una metodologia di analisi del ciclo di vita, o Life Cycle Assessment (LCA), su molte categorie d'impatto, fra cui le emissioni di CO<sub>2</sub>, il consumo di acqua e l'impronta ecologica, in linea con quanto richiesto dalla metodologia PEF. Le aziende, una volta effettuato il percorso di certificazione, potranno avere a disposizione le dichiarazioni inerenti agli indicatori relativamente ai propri impatti ambientali, attestati dal marchio, da consegnare al cliente finale insieme al prodotto. È stato inoltre redatto un disciplinare per la quantificazione e valutazione degli impatti ambientali connessi a tutto il ciclo di vita dei prodotti [4]. Tale disciplinare costituisce uno dei primi esempi applicativi in Europa, che mira a utilizzare un approccio semplificato della PEF per facilitarne l'adozione da parte di piccole e medie e imprese appartenenti alla stessa filiera produttiva. Nello specifico, il marchio Cardato Recycled garantirà che il prodotto è realizzato nel distretto tessile pratese, che è frutto di una rigenerazione della lana di almeno il 65 % e che il prodotto e l'azienda si sono sottoposti a misurazione di ogni impatto ambientale relativo all'intero ciclo di vita. Il marchio può essere utilizzato dalle aziende come strumento per la riduzione sia dei consumi di materiali ed energia, sia dei costi di produzione, contribuendo così a una maggiore efficienza delle risorse nell'area, in ottica di simbiosi industriale. Allo stato attuale sono due le aziende che hanno ottenuto la nuova certificazione e molte altre quelle che sono sotto valutazione, avendone fatto richiesta, anche approfittando delle agevolazioni promosse dalla Regione Toscana sui costi di certificazione stessi [4].

## *2.2 Il riciclo della lana e analisi LCA*

Il caso di studio in esame, condotto secondo le norme ISO 14040 [7] e 14044 [8] e il regolamento PEF [9], ha riguardato l'analisi degli impatti ambientali della produzione di lana riciclata e filati in una azienda del distretto tessile pratese. Lo studio rientra nel progetto Cardato Recycled sviluppato dalla Camera di Commercio di Prato con l'obiettivo di differenziare i prodotti del distretto tessile e fornire una base accurata per l'analisi degli impatti e l'efficienza dei più comuni processi del territorio.

Le aziende del settore importano la maggior parte degli stracci usati da continenti extra europei. Gli stracci subiscono un processo di cernita, dove le balle ricevute dai fornitori vengono aperte e gli stracci vengono divisi per colore e per tipologia prima di essere mandati alla lavorazione successiva di stracciatura. Questa fase di selezione è molto importante perché consente di suddividere i capi con colorazioni simili; quelli che presentano già la colorazione richiesta non verranno inviati alla tintura in modo tale da aumentare l'efficienza ambientale del processo di colorazione. Nella fase di stracciatura si trasformano i ritagli in fibre di lana mediante macchinari che vanno a rompere il legame di tessitura del capo. Le fibre che hanno bisogno di modificare il loro pigmento vengono inviate al processo di tintura. La lavorazione successiva è quella della filatura, dove le fibre vengono elaborate fino ad ottenere il filo deside-

rato, identificabile in peso e titolo. L'ultima lavorazione è quella di roccatura, dove il filamento viene roccato in bobine di cartone pronte per le fasi di tessitura delle aziende di tessuti. In figura 1 è riportato lo schema dei flussi considerati per il processo di riciclo della lana [9].

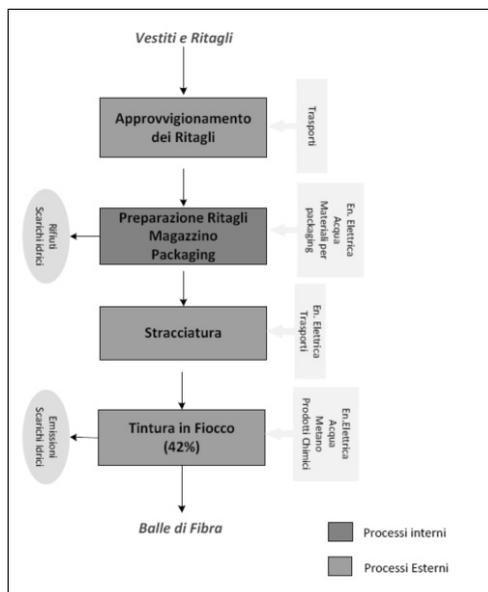


Fig. 1 – Schema dei flussi considerati per il processo di riciclo della lana

Obiettivo dell'analisi LCA è stato quello di fornire le prestazioni ambientali del prodotto riciclato e l'individuazione delle aree di miglioramento all'interno del ciclo di vita per poi verificare se gli impatti ambientali del prodotto stesso, a parità di caratteristiche tecniche, siano inferiori rispetto al processo di realizzazione da materia prima naturale vergine. Nel caso specifico di uno studio di lana riciclata i confini del sistema comprendono tutte le attività di approvvigionamento della materia prima, il consumo di risorse ed emissioni dell'azienda, lasciando escluse dallo studio le parti di uso del prodotto e dello scenario di fine vita. Il prodotto oggetto dello studio è intermedio del comparto tessile e delle confezioni, ed è composto dal 100% di lana riciclata. Dati i molteplici usi che si possono fare di questa materia e le diverse possibilità per il "fine vita" dei prodotti, l'analisi si è limitata allo studio dalla culla al cancello, escludendo le fasi di uso e di fine vita, difficili da valutare per un prodotto intermedio. I processi di stoccaggio, tintura, stracciatura, e preparazione della lana sono considerati come processi di foreground per i quali è stato disponibile l'accesso diretto alle informazioni e quindi ottenere dati specifici di produzione per l'anno di riferimento dello studio (2013). Le fasi di stracciatura e tintura vengono effettuate esternamente, mentre una eventuale cernita manuale, immagazzinamento e imballaggio vengono effettuati all'interno dello stabilimento. L'unità funzionale è 1 kg di lana riciclata, comprensivi di imballaggio. Per l'analisi degli impatti, come si è detto, si sono considerati i metodi di valutazione degli impatti previsti dal Regolamento PEF [9].

Dall'analisi dei risultati e contributi dei diversi processi alle categorie d'impatto, si deduce che la fase di produzione della lana riciclata che maggiormente contribuisce all'impatto è rappresentata dallo stadio della tintura in fiocco, nonostante sia realizzata solo con il 42% del totale delle fibre totali lavorate (Fig. 2). Si può inoltre osservare come la seconda fase più rilevante dal punto di vista ambientale sia l'approvvigionamento dei ritagli che, nell'eutrofizzazione

marina, supera notevolmente anche l'inquinamento del processo di tintura. Gli elementi più inquinanti dell'approvvigionamento della materia prima sono dovuti al trasporto, via terra e via mare, causando, in quest'ultimo caso, l'apporto di sostanze nocive alle acque. Per ultime si trovano le lavorazioni di preparazione dei ritagli e stracciatura che impattano in maniera molto minore, e i loro processi di energia elettrica, acqua e materiali da imballaggio appaiono poco rilevanti ai fini dell'apporto dato alle categorie d'impatto. L'operazione di tintura della fibra è molto inquinante e le fasi più significative ai fini ambientali sono rappresentate dai consumi di energia e dall'uso di sostanze chimiche per il processo di colorazione.

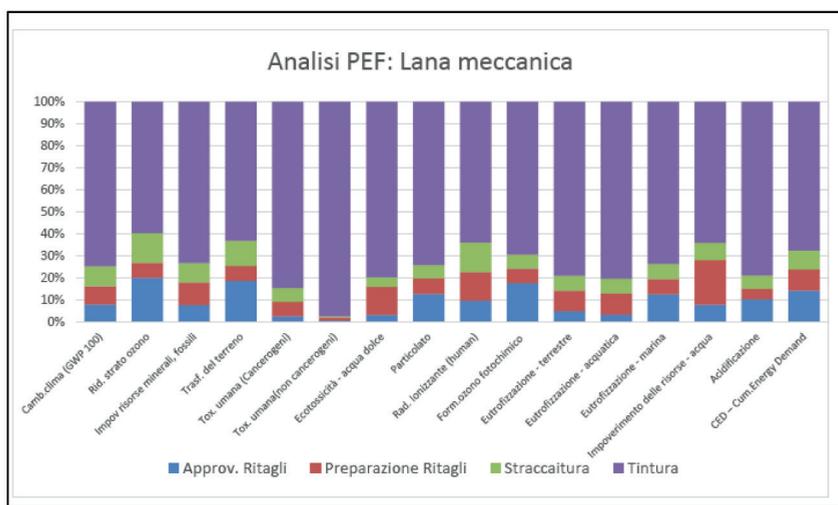


Fig. 2 – Risultati della fase di caratterizzazione per la produzione di lana riciclata

Gli impatti ambientali della produzione della lana riciclata sono stati infine confrontati con quelli della produzione della lana vergine. Il processo di lana vergine comprende le operazioni di approvvigionamento presso i principali centri di produzione, la preparazione della lana e il processo di tintura di tutte le fibre. Le differenze stanno nella mancata operazione di straccatura e in un utilizzo maggiore dell'operazione di tintura. Il processo di lana vergine presenta un più alto impatto ambientale rispetto al processo della lana riciclata in tutte le categorie di impatto analizzate. Questa differenza la possiamo principalmente riscontrare nelle categorie tossicità umana, eutrofizzazione terrestre, e eutrofizzazione marina, in relazione agli impatti generati principalmente dal processo di tintura.

Un miglioramento del processo del riciclo della lana dovrebbe riguardare la tintura, la lavorazione che più contribuisce agli impatti ambientali totali, ad esempio riducendo i quantitativi di stracci da tingere o impiegando pigmenti a basso impatto ambientale, così come l'introduzione di energie rinnovabili, porterebbe ad un miglioramento in termini energetici di tutto il processo, mediante una riduzione degli impatti ambientali.

### 3. Conclusioni

Il comparto tessile di Prato costituisce un eccellente caso di simbiosi industriale di distretto, in linea già con le più recenti indicazioni europee e nazionali di risparmio, riuso e riciclo delle risorse a livello produttivo per la promozione ad ampio respiro dei principi dell'economia circolare e costituisce un esempio che può avere ricadute virtuose sull'intero settore tessile mondiale. Ad oggi, ogni anno a Prato vengono riciclate 22 mila tonnellate di "stracci", che

vengono lavorati con la tecnica della cardatura. I filati sono prodotti con l'impiego di fibre ottenute dal riciclo di tessuti o dai ritagli di maglieria, sia nuovi che usati. La caratteristica della lavorazione è l'utilizzo di fibre corte e non omogenee, che vengono miscelate tra loro per creare le più diverse composizioni. Dal confronto con l'equivalente di fibra vergine, si stima un risparmio di: 60 milioni di kilowatt di energia, 500.000 metri cubi di acqua, 650 tonnellate di ausiliari chimici, 300 tonnellate di coloranti, nonché emissioni evitate pari a 18.000 tonnellate di anidride carbonica e 1.000 tonnellate di anidride solforosa.

L'approccio di simbiosi industriale di comparto, in questo caso, presenta diversi potenziali fattori di interesse quali incremento di competitività per le attività territoriali, arricchimento per il territorio grazie ad una valorizzazione a livello locale di scarti e rifiuti di processi semplici valorizzati come risorse piuttosto che dispersi o smaltiti. La simbiosi industriale permette di raggiungere in maniera congiunta la massimizzazione del profitto internalizzando esternalità. Dal punto di vista economico, il riuso dei sottoprodotti, in sostituzione di prodotti commerciali o di materie prime da acquisire sul mercato, l'impiego di risorse secondarie di costo inferiore e lo smaltimento remunerativo degli scarti di produzione può condurre a una riduzione dei costi di produzione. In questo modo si ottengono importanti vantaggi economici e ambientali per il sistema delle imprese e per la collettività..

### **Bibliografia**

[1] **Greenpeace**, comunicati stampa, 2016. "Prato, il più grande distretto della moda italiana firma l'impegno Detox" <http://www.greenpeace.org/italy/>.

[2] **Osservatorio Nazionale Distretti Italiani**, 2016. [www.osservatoriodistretti.org](http://www.osservatoriodistretti.org).

[3] **Ispra Ambiente**, 2010. "Analisi del ciclo produttivo del settore tessile laniero" [http://www.isprambiente.gov.it/public\\_files/cicli\\_produttivi/Tessile/Tessile\\_lana](http://www.isprambiente.gov.it/public_files/cicli_produttivi/Tessile/Tessile_lana).

[4] **Cardato Prato**, 2016. "La sostenibilità si chiama cardato recycled" <http://www.cardato.it/it/home/>.  
[5] <http://eur-lex.europa.eu/legal>

[6] **European Commission (EC)**, 2013. Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Recommendation 2013/179/EU.

[7] **International Organization for Standardization (ISO)**, 2006. Environmental management- Life Cycle Assessment- Principles and Framework. ISO 14040.

[8] **International Organization for Standardization (ISO)**, 2006. Environmental management- Life Cycle Assessment- Requirements and guidelines. ISO 14044.

[9] **Bamonti S., Spinelli R., Bonoli A.**, 2016. "Environmental footprint in the production of recycled wool", in corso di stampa (accepted in Environmental Engineering and Management Journal, issue 9, Volume 15/2016).

[10] **Riccadonna L.**, 2015. Tesi di laurea magistrale Ingegneria Gestionale.

# Produzione di compost derivante da filiera zootecnica siciliana quale esempio di economia circolare

Lorenzo Baglio, [bagliolorenzo@gmail.com](mailto:bagliolorenzo@gmail.com) (1), Sandro Bonanno (1),  
Andrea Fichera (1), Andrea Leanza (1), Gaetano Cipolla (2)

(1) Università degli Studi di Catania - Dipartimento Economia e Impresa - Catania

(2) Azienda Agricola Mulinello SRL- Contr. Piano Comune- Assoro (EN)

## Riassunto

*Il concetto di economia circolare si basa sull'idea "never ending" del cerchio di ogni processo produttivo che spinge a cercare migliori tecnologie per riutilizzare del tutto o in parte qualcosa che in alternativa verrebbe semplicemente smaltito, allungando così il ciclo di vita dei prodotti (non più rifiuti o scarti) ai quali viene garantita nuova destinazione d'uso. Fra queste innovazioni tecnologiche, il compostaggio è una tecnica attraverso la quale viene controllato, accelerato e migliorato il processo naturale a cui va incontro qualsiasi sostanza organica per effetto della flora microbica naturalmente presente nell'ambiente. Obiettivo di questo paper è analizzare le tecniche di compostaggio a piccola scala, in grado di integrare il sistema di raccolta e gestione industriale della frazione organica, derivante da azienda zootecnica sita nell'entroterra siciliano, che possiede un allevamento suinicolo a ciclo chiuso con 650 esemplari di suino leggero mediterraneo. I suini vengono macellati, sezionati e lavorati e parte di questi è destinata alla vendita al dettaglio all'interno dell'impianto come prodotto finito; la restante parte viene venduta a terzi in forma di mezzene. La tecnologia impiegata si sostanzia nell'inserimento delle deiezioni suine all'interno di una centrifuga con l'obiettivo di scindere la parte solida dalla quella liquida.*

## Summary

*The circular economy concept is based on "idea "never ending" the circle of each production process that drives to seek better technologies for reuse of all or part of a product, thus lengthening the life cycle of products which are afforded new use. Among these technological innovations, composting is a technique by which it is controlled, it accelerated and enhanced the natural process that any organic substance undergoes as a result of microbial flora naturally present in the environment. This paper presents the techniques of small scale composting, able to integrate the collection system and industrial management of organic waste, resulting from livestock located in the Sicilian company, which has a closed-loop pig farm with 650 Mediterranean light pig specimens.*

## 1. Introduzione

L'economia circolare, secondo la definizione che ne dà la Ellen MacArthur Foundation, è un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. Si tratta, dunque, di un sistema in cui tutte le attività, a partire dall'estrazione e dalla produzione, sono

organizzate in modo che i rifiuti di qualcuno diventino risorse per qualcun altro. Nell'economia lineare, invece, terminato il consumo termina anche il ciclo del prodotto che diventa rifiuto, costringendo la catena economica a riprendere continuamente lo stesso schema: estrazione, produzione, consumo, smaltimento [1]. L'economia circolare prevede un massiccio utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili (elemento centrale della sostenibilità), un grande passaggio di informazioni tra i soggetti economici, una forte capacità di innovazione tecnologica e prodotti totalmente o parzialmente riciclabili o riutilizzabili. Questo fenomeno potrebbe portare con sé la fine di uno dei meccanismi che sta alla base dell'economia lineare: l'obsolescenza programmata dei prodotti. Gli incentivi a produrre sul modello di un'economia circolare sarebbero essenzialmente due: un risparmio sui costi di produzione e l'acquisizione di un vantaggio competitivo, in quanto un consumatore preferisce acquistare un prodotto di consumo circolare piuttosto che lineare. Questo nuovo approccio comporta, inoltre, un sensibile decremento dell'impatto ambientale dell'azienda, risultando quindi vantaggioso applicare il concetto di economia circolare a tutte quelle attività legate al settore primario, in particolare alla zootecnia, ove un errato smaltimento dei rifiuti rischia di produrre effetti negativi sia dal punto di vista economico, sia da quello ambientale: diffusione nell'ambiente di patogeni; produzione di elementi nocivi per il suolo, i vegetali e l'uomo stesso; eutrofizzazione delle acque [2]. L'obiettivo del paper consiste, dunque, nel dimostrare l'efficienza di un sistema basato sul concetto di economia circolare applicata, nello specifico, ad una filiera zootecnica siciliana.

## 2. Tecnologia di compostaggio

Il compost (dal latino *compositum*, cioè miscelato) è un materiale inodore e ricco di materia organica, proteine e carboidrati, derivante dal processo di biodegradazione dei rifiuti organici, quali per esempio letame, liquame, scarti di potatura derivanti da attività primaria, ossia da quel processo di biossidazione e unificazione di tipo aerobico nel quale i microrganismi presenti nell'ambiente attaccano e degradano la matrice organica miscelata contenuta nelle materie prime utilizzate nella preparazione della miscela avviata al processo [4]. Tali microrganismi così traggono l'energia necessaria per dare vita ad una serie di reazioni biochimiche che liberano prodotti finali come acqua, anidride carbonica, sali minerali e, dopo alcuni mesi di trasformazione, un residuo organico (humus) che si decomporrà lentamente una volta immerso nel terreno, migliorandone la qualità delle colture e riducendone la possibilità di erosione. Le materie prime per il compostaggio sono costituite principalmente da resti, avanzi, residui animali e vegetali biodegradabili, ossia che possono essere digeriti dai microrganismi. Il processo di compostaggio si può suddividere in tre fasi principali:

- Preparazione della miscela: fase fondamentale in quanto permette di ottenere una massa omogenea, che possa far penetrare l'aria in modo da non favorire l'avvio di reazioni di tipo anaerobico, con conseguente produzione di cattivi odori e percolato;
- Biossidazione ("active composting time"), caratterizzata da intensi processi di degradazione delle componenti organiche più facilmente degradabili. Durante questa prima fase, i composti del carbonio organico semplice, che vengono utilizzati dai microrganismi come sorgente di energia e di nutrienti, sono facilmente mineralizzati e si ha la produzione di anidride carbonica, ammoniaca, acqua, acidi organici e calore. L'accumulo di calore porta all'innalzamento della temperatura della massa in fermentazione. L'attività microbica determina un'elevata richiesta di ossigeno indispensabile per le reazioni biochimiche. Grazie alle condizioni termofile che si instaurano durante questa fase, avviene l'igienizzazione del materiale: infatti, vengono uccisi vari patogeni (es. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium botulinum*). In ogni caso, durante questa fase termofila si ha il temporaneo rilascio di composti fitotossici (cataboliti intermedi, ammoniaca, ecc.). Questa fase è considerata conclusa quando la temperatura è stabile sui 40-45°C [5];

- Maturazione (“curing”), durante la quale si completano i fenomeni degradativi a carico delle molecole meno reattive e si svolgono reazioni di trasformazione e polimerizzazione a carico delle stesse (con particolare riferimento alla lignina) che portano alla sintesi delle sostanze umiche. Questa seconda fase di stabilizzazione è caratterizzata da temperature prossime a quelle ambientali, dal minor consumo di ossigeno, legato alla riduzione dell’attività respiratoria della flora microbica e dalla ricolonizzazione della massa da parte di microrganismi mesofili. Durante questa fase vengono degradati i metaboliti tossici che si erano prodotti durante la prima fase [6].

Possiamo inoltre identificare tre grandi fasi nel processo produttivo di compost:

- Pretrattamento: serve da un lato a ridurre la putrescibilità dei materiali e dall’altro a prepararli per la fase successiva [7].

- Trattamento biologico: in questa fase si realizza una più o meno veloce degradazione ossidativa ed una conseguente proliferazione batterica.

- Trattamento finale: consiste in una serie di operazioni necessarie per il confezionamento del prodotto, il quale deve essere reso fruibile a chi lo deve utilizzare.

Il compostaggio comporta numerosi vantaggi, sul piano sia economico che ambientale [8]. Tra di essi: consente la restituzione al suolo di sostanza organica e procura un ritorno in termini di fertilità; previene la produzione di inquinanti atmosferici; determina un risparmio nell’uso di concimi chimici; comporta una diminuzione dei costi di smaltimento dei rifiuti, rallenta l’esaurimento delle discariche e riduce odori e percolato da esse prodotti; permette lo smaltimento della componente biodegradabile dei rifiuti solidi urbani, con recupero di materiale e riduzione dell’impatto ambientale [9].

### 3. Azienda Agricola Mulinello S.r.l.

L’Azienda Agricola Mulinello, sita nel territorio di Assoro (EN), viene fondata nel 1976, come azienda per l’allevamento a ciclo chiuso di suini, ed è una piccola impresa con 44 dipendenti. Al momento l’azienda, particolarmente attenta nella selezione della razza, è l’unica in Sicilia a disporre di un incrocio tra le specie *large white italiano* e *pietrain* (650 esemplari), frutto di una collaborazione tra le Università di Messina, Torino e Lione; mediamente in un anno, all’interno dell’azienda, transitano 14000/15000 capi. Oltre all’allevamento di suini a ciclo chiuso, oggi, i settori di interesse che gravitano attorno all’insediamento sono:

- Mangimificio per la produzione di alimenti zootecnici destinati agli animali di proprietà, caratterizzato da una particolare tecnologia consistente nell’inserimento di un microchip nell’animale, che permette di riconoscerlo e fornirgli un’alimentazione personalizzata; la produzione consta di quattro tipi di mangime destinati alle diverse fasi della vita del suino: suino sotto scrofa, svezzamento 1 (fino a 30 kg), svezzamento 2 (fino a 60 kg), ingrasso;

- Mulino operativo durante la notte per la macinazione del grano;

- Industria di macellazione, entrata in funzione il 10 luglio 2001;

- Trasformazione e surgelamento, con annesso tunnel di abbattimento;

- Laboratorio annesso per produzione di salsiccia fresca e carni trite;

- Laboratorio per la produzione di alimenti a base di carne;

- Impianto di depurazione per la produzione di compost [10].

L’azienda è stata scelta per la commercializzazione ad imprese locali di un particolare integratore alimentare, il “Biovit”, prodotto in appositi impianti situati in Emilia Romagna. I prodotti (salumi e carni) sono venduti a tutte le catene di grande distribuzione locali e anche all’estero, in particolare Inghilterra, Irlanda e Francia per quanto riguarda i salumi, e Olanda per le carni; da qualche anno a questa parte, l’azienda si è aperta anche al commercio extra europeo, creando una linea di esportazioni in Giappone, dove è commercializzata principalmente la carne di suino nero dei Nebrodi. L’azienda è, inoltre, in ricerca di ulteriori mercati in cui investire, guardando con particolare interesse al mercato statunitense, ed ha anche inten-

zione ampliare il proprio impianto con un ulteriore punto vendita; vi è anche un investimento nel business di distribuzione alimentare con catene di fast food legate al *Chebab* (Kebab con carne di maiale). Infine, lo stabilimento funge da nucleo di selezione per i suini, che l'azienda fornisce in Sicilia, Calabria e a Malta.

#### **4. Tecnologia per produzione di compost nella filiera zootecnica siciliana**

Nell'impianto di depurazione, la cui costruzione è assoggettata, ai sensi dell'art. 31, comma 6 del D. Lgs. 22/97 [11], alla normativa che regola la realizzazione degli impianti industriali (concessione edilizia, autorizzazione ex D.P.R. 24/5/98 n. 203 [12] sulle emissioni in atmosfera, ecc.) rispetta i criteri normativi in materia, ed entra in funzione nel 1999. La struttura è divisa in tre unità funzionali: una sezione per il trattamento termico alternativo cui vengono sottoposti prodotti di origine animale, una sezione per la depurazione delle acque reflue ed una di compostaggio vera e propria, la quale a sua volta si compone di ulteriori sezioni, qui di seguito descritte:

- *estremità di carico*, nella quale è posto un tritratore per la frantumazione delle matrici di supporto;
- trincea dinamica areata delimitata lateralmente da pareti sulle quali sono posti dei binari per favorire lo scorrimento della macchina rivoltatrice;
- reattore, in cui avviene inizialmente la fase di compostaggio attivo (o fase termofila) e successivamente la fase di finissaggio, caratterizzata da una lenta ma progressiva diminuzione della temperatura, che comprende l'unificazione, la mineralizzazione e la biostabilizzazione della massa;
- sezione di maturazione;
- sezione lavorazione e confezionamento;
- sezione di stoccaggio del prodotto finito.

L'impianto si occupa principalmente dello smaltimento di eventuali rifiuti solidi e reflui.

I rifiuti solidi, prodotti nel macello e nelle altre unità produttive ad esso annesse, si classificano tra rifiuti speciali ad alto e a basso rischio. Tra i primi, alcuni sono compostabili presso l'impianto aziendale, altri devono essere avviati allo smaltimento tramite una ditta autorizzata e riconosciuta. Per questo scopo, l'azienda Mulinello ha stipulato una convenzione con una ditta autorizzata, la quale provvede al ritiro sia del materiale a basso rischio non compostabile, sia del materiale ad alto rischio.

L'impianto che convoglia i reflui è costituito da due reti distinte: una per i locali di produzione (macello, deposito e laboratori) ed una per gli allevamenti. I reflui prodotti nei due insediamenti vengono convogliati in due fosse. Quelli provenienti dall'allevamento vengono centrifugati per ottenere la separazione della frazione solida da quella liquida, che vengono impiegate in processi differenti:

- la frazione solida viene destinata all'impianto di compostaggio;
- la frazione liquida viene trasferita in un bacino anaerobico, e da questo ad uno aerobico (o ossidativo); da quest'ultimo passa a sua volta prima da un sedimentatore e successivamente ad un bacino per acqua chiarificata. Dopo il processo di chiarificazione, l'acqua viene spruzzata, per mezzo di ugelli, su dei pannelli solari ed infine evaporata.

I reflui prodotti nel macello e nelle unità produttive ad esso annesse, vengono convogliati all'impianto di depurazione specifico.

Il processo di compostaggio avviene all'interno di un apposito capannone, la cui prima sezione, chiamata *estremità di carico*, adotta una soluzione detta *a trincea dinamica areata*, in quanto delimitata da pareti sulle quali è sistemato un binario che permette lo scorrimento di una macchina rivoltatrice. Essa ha la funzione di miscelare la matrice in trasformazione favorendone l'omogeneizzazione, disgregando eventuali zolle e incrementando il rilascio di vapore acqueo e calore, in modo da evitare fermentazioni anaerobiche di tipo putrefattivo. Dopo di

che, il materiale in uscita dalla trincea viene avviato alla fase di maturazione, che consiste in una serie di reazioni operate da microrganismi che ossidano biologicamente la biomassa, fino alla stabilizzazione quasi completa. Essa comprende una prima fase di bioossidazione accelerata, durante la quale viene assicurato un apporto di ossigeno alla massa, seguito da una fase di maturazione. Il compostaggio inizia non appena la biomassa viene sistemata in cumulo in quantità tale da consentire la ritenzione di calore, indispensabile per il processo di stabilizzazione della stessa. La miscelazione iniziale della matrice organica di partenza, introduce aria sufficiente per l'attivazione delle reazioni di bioossidazione. I microrganismi cominciano a consumare ossigeno, dunque risulta fondamentale l'aerazione del substrato per fornire continuamente ossigeno. Essa avviene sia attraverso degli scambi passivi (diffusione e convezione), tra aria esterna e atmosfera interna alla matrice in compostaggio, sia per ventilazione forzata attraverso le apposite canalette per l'insufflazione dell'aria. La movimentazione del materiale in fermentazione (rivoltamento) garantisce un apporto limitato di ossigeno che viene rapidamente consumato.

Le reazioni di ossidazione, che avvengono in presenza di ossigeno, comportano la liberazione di anidride carbonica, calore e acqua. Durante queste reazioni, circa i 2/3 del carbonio servono ai microrganismi come energia, il rimanente diviene parte fondamentale del protoplasma insieme ad azoto (N), fosforo (P), potassio (K) ed altri microelementi [10].

Una delle caratteristiche fondamentali delle fermentazioni aerobiche è l'enorme quantità di energia liberata sotto forma di calore; questo calore è tale per cui la temperatura della biomassa raggiunge i 60/65°C, producendo una notevole evaporazione dell'acqua, con conseguente perdita di peso della biomassa. Ciò è particolarmente importante, in quanto per legge, come decretato dall'art. 4 del D.P.R. 915/82 [13], il processo di compostaggio deve assicurare nella fase termofila che il materiale organico permanga per almeno tre giorni ad una temperatura non inferiore a 55°C; le temperature dei materiali sottoposti a compostaggio, infatti, seguono un andamento di rapida crescita fino a 60/65°C (fase *termofila*) che si protrae per 20/30 giorni. Allo stadio termofilo segue una fase di lenta ma progressiva diminuzione della temperatura (fase di *finissaggio*), durante la quale la matrice in compostaggio si arricchisce di composti umici, perde l'eventuale fitotossicità residua, mentre la biomassa microbica si avvia verso una condizione di climax. I requisiti microbiologici del prodotto, dopo la trasformazione, vengono garantiti eseguendo controlli batteriologici su campioni di prodotto finito, ed inoltre vengono continuamente registrati su un grafico cartaceo i valori di temperatura, tempo ed umidità. Ottenuto il compost, viene riempita la tramoggia di carico, e da questa il prodotto giunge ad un mulino a martelli attraverso un nastro trasportatore. Un secondo nastro trasportatore porta il compost che ha subito il processo di molitura ad un vaglio rotativo che provvede a lasciar passare il prodotto delle dimensioni volute. A questo punto il compost può essere confezionato e giungere ad una pellettatrice che provvede a cubettarlo.

## 5. Vantaggi e discussioni conclusive

Sul territorio siciliano, l'azienda Mulinello costituisce un'avanguardia nel campo della depurazione dei reflui derivanti da attività zootecnica e produzione di compost. Dal punto di vista dei costi, si rileva un investimento nel 1999 di 2 miliardi e 800 milioni di lire, con un incidenza di 400/500 milioni derivanti dall'impianto di compostaggio, ammortizzati poi in dieci anni; per quanto concerne, invece, la manutenzione degli impianti, si rileva un costo annuo di 40.000/50.000 euro, di cui 10.000 relativi all'impianto di depurazione. La riduzione dell'impatto ambientale derivante dall'attività dell'impianto di depurazione è elevata in termini di inquinamento del suolo e dell'atmosfera: a fronte di questa sensibile riduzione, però, non si rileva un adeguato riscontro economico dalla vendita del compost prodotto, in quanto la domanda di mercato in questo settore è costituita principalmente da piccole - medie imprese

siciliane, non ancora del tutto abituate ad attuare politiche ispirate ai principi fondamentali dell'economia circolare.

Questo paper è un esempio di applicazione ad una azienda in una piccola realtà territoriale di politiche ecosostenibili atte a implementare in modo proattivo gli strumenti di riduzione di impatto ambientale lungo tutto il ciclo della filiera produttiva, ispirati ad una sostenibilità ambientale sempre più necessaria nella attuale economia sociale.

## **Bibliografia**

[1] [www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org)

[2] Maria Claudia Luchetti, Rita Jirillo. Inquinamenti da attività agricole e zootecniche. M.Ragno Editore, Roma 1989.

[3] Chen, Y., Magen, H., Riov, J., 1994. Humic substances originating from rapidly decomposing organic matter; properties and effects on plant growth. In: Senesi, N., Miano, T.M., (Eds.), Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier, Amsterdam, pp. 427-43.

[4] Cooperband, L.R., 2000. Composting: art and science of organic waste conversion to a valuable soil resource. *Laboratory Medicine* 31, 283-290.

[5] Chen, Y., Inbar, Y., 1993. Chemical and spectroscopic analyses of organic matter transformation during composting in relation to compost maturity. In: Hoitink, H.A.J., Kenner, H.M., (Eds.), Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspect. Renaissance, Pub, Worthington, OH, pp. 551-600.

[6] ANPA (Agenzia nazionale per la protezione dell'Ambiente), 2001. Metodi di analisi del compost. Manuali e linee guida 3.

[7] Rai, D., Antil, R.S., 2011. Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from agro-industrial wastes. *Biores, Technol.* 102, 2868-2873.

[8] Stentiford, E.I., 1996. Composting control: principles and practice. In: De Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T. (Editori). *The Science of Composting. Part 1.* Blackie Academic, London, 49-59.

[9] Azienda Agricola Mulinello Manuale Hazard Analysis Critical Control Points, Assoro (EN), 2001.

[10] Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n. 22, Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio. pubblicato su GU n. 302 del 27 dicembre 2004.

[11] D.P.R. 24-05-1988, n. 203 Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884,84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183. [12] Decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915 Attuazione delle direttive (CEE) n. 75/442 relativa ai rifiuti, n. 76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 343 del 15 dicembre 1982.

# Le Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate (APEA): un'opportunità concreta per la Regione Lazio

*Laura Bernardi, [laura.bernardi8090@gmail.com](mailto:laura.bernardi8090@gmail.com),*

*Università degli Studi di Roma Sapienza PDTA – Facoltà di Architettura, Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Roma*

## **Riassunto**

*Le aree produttive generano necessariamente impatti sul territorio circostante: gestire al meglio questi aspetti è una necessità ambientale, sociale ed economica. Le Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate (APEA) sono la soluzione più innovativa, poiché utilizzano la Simbiosi Industriale, e la più adatta per il tessuto produttivo italiano, di piccole e medie imprese, legate da meccanismi di filiera. È possibile fare tesoro del variegato esito delle sperimentazioni nelle Regioni italiane per cogliere le opportunità delle APEA anche nella Regione Lazio? Le premesse sono valide, la ricerca intende indagarne gli aspetti salienti e le debolezze, per elaborare una proposta di modello gestionale consona alla realtà laziale, da sperimentare nel Consorzio per lo Sviluppo Industriale della Provincia di Rieti e perfezionare successivamente a livello regionale.*

## **Summary**

*Management of the impact that manufacturing areas have on their surrounding territories is an environmental, social and economic necessity. The Environmental Equipped Industrial Areas (EEIAs), using Industrial Symbiosis, offer the most innovative solution suited for the Italian productive which is marked by small and medium-sized enterprises tied together by their production chains. We will investigate if it is possible to build upon a wide range of different outcomes of Italian region trials to utilize EEIAs in the Lazio region. In particular we will look at key aspects and weaknesses of EEIAs to propose a management model appropriate for the Lazio region, evaluate it in the industrial consortium of Rieti, and finally improve the model on the regional level.*

## **1. Introduzione**

### *1.1 Definizione e vantaggi delle APEA*

La presenza di aree industriali in un territorio genera modifiche al Sistema Ecologico, Sociale ed Economico, manifestando effetti diversi nel tempo. La consapevolezza che la gestione di un'area secondo i principi di sostenibilità possa apportare notevoli vantaggi economici, ambientali e sociali, anche sviluppando aspetti di marketing territoriale e competitività di un territorio, si è sviluppata concretamente a livello internazionale negli Eco-Industrial Parks (EIP), con l'applicazione dei principi dell'Ecologia Industriale.

In Italia, la soluzione alle problematiche croniche del settore industriale tradizionale sembra essere offerta dalle APEA, quale evoluzione della struttura dei distretti industriali. L'articolo 26 del "Decreto Bassanini" [1] introduce le APEA a diversi anni di distanza dallo sviluppo

degli EIP scarsamente diffusi in Italia, le definisce e ne indica gli elementi di riferimento basilari, decentrando diverse funzioni agli enti locali, con un ruolo di promozione per le Regioni analogo ad altre realtà europee. Le APEA sono modelli insediativi funzionali ai luoghi di produzione, in cui la concentrazione di aziende e manodopera consente di definire un programma di gestione unitaria di infrastrutture e servizi utili a garantire gli obiettivi di sostenibilità e ridurre i costi di approvvigionamento, oltre che aumentare la competitività delle imprese insediate. Il fine di queste “eco-aree produttive” è la chiusura dei cicli produttivi, basandosi sui principi dell’Ecologia Industriale: rappresentano infatti un’opportunità di insediamento di eccellenza per le imprese, grazie alla creazione di sinergie tra le unità produttive insediate, che permettano l’attivazione di nuovi servizi, opportunità di lavoro, prospettive imprenditoriali e diverso significato allo sviluppo territoriale. I punti di forza di questo modello innovativo di area industriale sono: valorizzazione della convergenza tra politiche ambientali pubbliche e strumenti di gestione ambientale d’impresa; contenimento degli impatti ed economie di scala, con infrastrutture e servizi ambientali gestiti dal “Soggetto Gestore Unitario”, pubblico o privato; recupero e riutilizzo di materiali ed energia con realizzazione di una filiera di output; semplificazioni amministrative; impiego dei risultati della ricerca avanzata per raggiungere elevate performance ambientali; recupero di aree dismesse, i brownfield, e rigenerazione di quelle esistenti.

## 2. Relazione

### 2.1 Stato dell’arte nella Regione Lazio e gaps

La ricerca sulle APEA si inserisce nello studio della sua applicazione al tessuto produttivo della Regione Lazio, nel momento in cui questo nuovo concetto di area industriale, già citato nella Legge Regionale del 1999 [2] e reso manifesto dall’adesione alla Rete Cartesio (un network di Regioni con l’obiettivo di costruire politiche integrate per la gestione sostenibile del territorio) nel 2007 [3], viene approfondito dagli strumenti di legge regionali [4]. Il modello regionale promuove la riconversione degli insediamenti produttivi esistenti e presenta due concetti innovativi: enuncia l’idea di “soglia”, cioè la necessità di requisiti minimi; il passaggio da un sistema prevalentemente chiuso ad una rete sovra-territoriale, intendendo le APEA come agglomerati a carattere puntuale e diffuso, comprendenti anche le imprese in filiera. Definite come “area industriale, artigianale, commerciale, agricola o mista caratterizzata dalla gestione integrata di infrastrutture, servizi centralizzati e risorse atti a garantire gli obiettivi di sostenibilità dello sviluppo locale e aumentare la competitività delle imprese insediate in conformità ai principi di prevenzione e controllo integrati dell’inquinamento” [5], le APEA sono promosse anche per la necessità di sostituire l’approccio end of pipe (abbattimento dell’inquinamento a fine ciclo) con il principio di precauzione e prevenzione dell’inquinamento. Le caratteristiche di un’APEA sono così indicate nelle Linee Guida regionali [6]:

- soggetti giuridici pubblici o privati che attuino cessioni o trasferimenti di energia, reflui, sottoprodotti, servizi, capacità, secondo uno specifico periodo o quantità;
- infrastrutture a gestione unitaria e integrata e servizi idonei al rispetto dell’ambiente;
- due o più operatori che, nel Protocollo d’Intesa, perseguano sviluppo congiunto, scambio di buone pratiche, ricerche innovative;
- un sistema di gestione che parta dal bilancio delle risorse input-output, per una gestione efficace, efficientamento e valorizzazione secondo la logica PDCA (Plan, Do, Check, Act) e l’approccio bottom-up o condiviso, che parta dal basso e consenta di avere il supporto di tutti gli stakeholder, offrendo loro la possibilità di essere coinvolti nel progetto.

Il riconoscimento dell’APEA inizia con la predisposizione da parte dei soggetti costituenti, pubblici e privati, del Regolamento da trasmettere per verifica e approvazione regionale. I soggetti costituenti aderiscono e partecipano in maniera stabile alle iniziative promosse, for-

malizzando l'adesione attraverso il portale web dedicato, seguito dal perfezionamento dell'adesione. Ciascuna APEA ha un Comitato di Coordinamento con compiti di organizzazione e gestione, promozione, sviluppo e cooperazione internazionale.

Secondo uno studio dell'ERVET e Rete Cartesio del 2010 [7] sul contributo delle Regioni all'attuazione di un sistema APEA nazionale, vi è una sostanziale uniformità di approccio sugli elementi imprescindibili del modello, in quanto si promuove l'approccio dei Sistemi di Gestione Ambientale a scala d'area, la presenza di dotazioni territoriali di qualità, un gestore unitario delle reti e dei servizi di riferimento per l'area, un regolamento regionale a cui attersi, mentre le divergenze si concentrano sulla definizione dei requisiti prestazionali, sui criteri per il riconoscimento di APEA, sull'attribuzione delle competenze del Soggetto Gestore, configurando quindi una realtà molto variegata ed un panorama legislativo diversificato. La Regione Lazio, nel tentativo di superare le debolezze riscontrate nell'applicazione delle altre Regioni, procede diversamente, demandando la redazione di un regolamento alle singole aree che si candidano ad APEA, ponendo l'accento sull'approccio bottom-up: tuttavia le Linee Guida regionali contengono poche indicazioni realmente operative, in quanto non sono definiti molti aspetti essenziali nella predisposizione di un'APEA, e le due Proposte di Legge regionali [8] enunciano obiettivi, requisiti e criteri molto generali, che non sono stati ancora specificati da nessun ulteriore documento. Da qui emerge la distanza "fisiologica" e concettuale con quanto prodotto dalle altre Regioni. La mancanza di tali approfondimenti e di un inquadramento gestionale rende ancora più evidente l'urgenza della loro definizione in vista della partenza del progetto APEA per il Lazio.



**Fig. 1** – Regioni con leggi specifiche in materia di APEA - G. BRUNELLI, Atti del Convegno "Aree Industriali e Politiche di Piano. Tra deindustrializzazioni e nuova industrializzazione sostenibile", INU Lazio - Roma, 30 Gennaio 2014

### 2.1.1 I finanziamenti previsti e le sfide lanciate dalla Regione Lazio: la Call for Proposal

Tra gli strumenti di rilievo della politica di sviluppo regionale vi è il POR FESR 2014-2020 [9], che assume un ruolo centrale nella realizzazione della strategia "Europa 2020" e stabilisce alcune priorità di intervento: 45 "azioni cardine" da realizzare nel medio-lungo periodo, distinte in 7 macro-aree, fra le quali si rintracciano riferimenti alle APEA. La Call for proposal [10], inizio della procedura di selezione di operazioni e beneficiari, è il primo intervento organico di avvio del programma per la reindustrializzazione del territorio e del riposizionamento competitivo. L'obiettivo è raccogliere le proposte che scaturiscono dai territori, selezionando un target di imprese e/o di progetti di investimenti, per innescare e sostenere processi di rigenerazione del tessuto produttivo. Conclusa questa prima fase, i risultati illustrati durante gli Stati Generali dell'Industria a Febbraio 2016 [11] attestano che sono stati presentati 173 progetti, di cui 24 incentrati sulla Circular Economy, per 2,3 miliardi di € di investimenti potenziali in 12 macro-settori economici. Le risorse della Call sono inoltre state aumentate da 70 a 150 milioni di €, di cui 28 milioni di € destinati ad APEA e infrastrutture a servizio delle aree produttive.

## 2.2. La candidatura di una realtà consolidata: il Consorzio per lo Sviluppo Industriale della Provincia di Rieti

Il Consorzio di Rieti, nato nel 1965, ha ricercato e favorito l'industrializzazione nel territorio, per aumentare competitività territoriale. Il Consorzio poi si è trasformato, divenendo nel 1997 ente pubblico economico, per soddisfare le nuove esigenze delle Piccole e Medie Imprese, sviluppando con esse una visione di partnership. Altri interlocutori diretti sono gli enti locali e le maggiori strutture economiche presenti nel territorio.

Il Consorzio si compone di tre nuclei consortili, con interessi prevalenti e differenti vocazioni industriali: l'agglomerato di Rieti-Cittaducale (539 Ha); l'agglomerato di Fara Sabina-Passo Corese (180 Ha); l'area di Borgorose (135 Ha) <sup>[12]</sup>. Le principali industrie presenti sono quelle elettromeccaniche, elettrotecniche, siderurgiche, alimentari, net economy. L'area industriale di Rieti-Cittaducale, che comprende al suo interno servizi a carattere commerciale (Zona Industriale

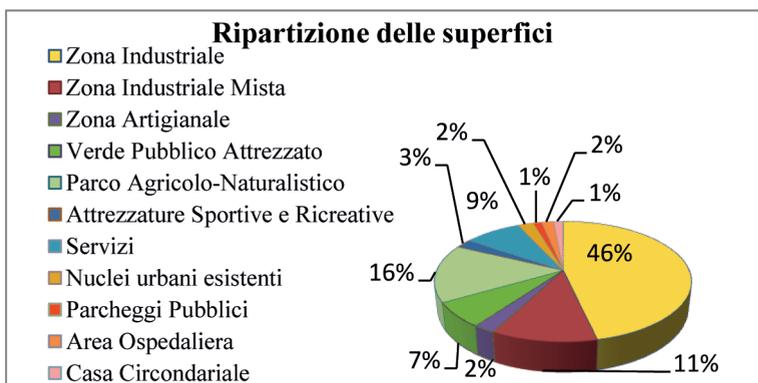


Fig.2 - Schema di ripartizione delle superfici nell'area di Rieti-Cittaducale - elaborazione dell'autrice

Mista) ed una Zona Artigianale in via di espansione, presenta diversi servizi per innovazione e ricerca e numerosi servizi reali a scala d'area forniti alle imprese, gestiti dalla società di servizi ambientali AeA.

### 2.2.1 Progetti attivati ed investimenti per il presente

Il Consorzio è terreno fertile per le sperimentazioni, come dimostrano i progetti attivi, fra i quali Rieti 2020 [13] e Rieti Innova [14]. Fra i progetti passati si segnala la partecipazione al progetto LIFE+ Ambiente - Modello SIAM, nel triennio 2004-2007 [15]. Fra le attività recenti dell'area vi sono un progetto di Simbiosi Industriale, realizzato nel 2014-2016 in collaborazione con l'ENEA e l'Università della Tuscia, e uno studio del CNR [16], sul potenziale effetto positivo di questo sistema di gestione sostenibile rispetto ad un analogo consorzio industriale tradizionale.

In riferimento agli sviluppi regionali sulle APEA, nel 2015 il Consorzio ha aderito alla Call for proposal sul Riposizionamento competitivo [17], definendo la Cabina di Regia e il Comitato per lo Sviluppo, ed ha deliberato di candidarsi ad APEA [18]. È in corso inoltre la certificazione ISO 14001 a livello d'area: Standard di Gestione Ambientale volontario, ispirato al modello PDCA, che può consentire alle imprese di agire concretamente sulla sostenibilità di aree produttive.

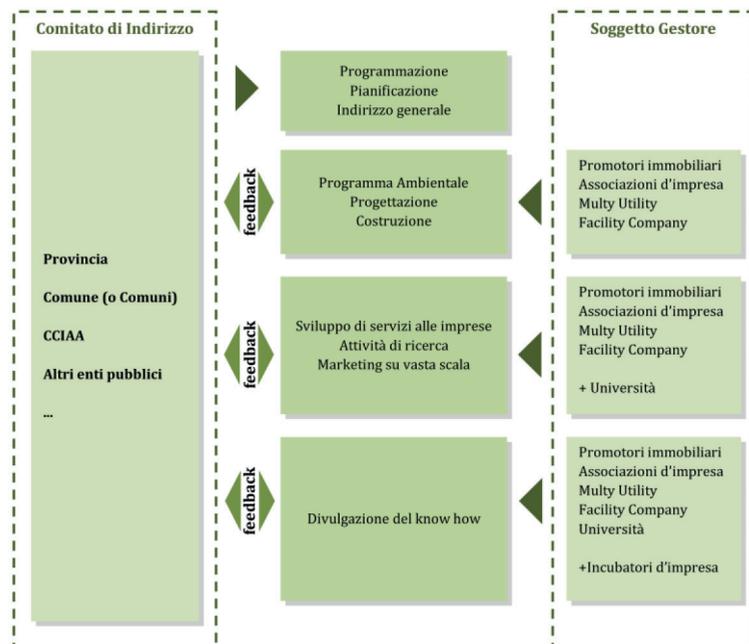
### 2.3 La proposta di Modello Gestionale per l'agglomerato di Rieti-Cittaducale

Nell'ottica di sperimentare la gestione sostenibile nell'area produttiva analizzata, si potrebbe ipotizzare di adottare lo Schema di Gestione Ambientale (SGA) d'area proposto dal Comitato Ecolabel-Ecoaudit [19], a cui fanno riferimento le stesse Linee Guida della Regione. Lo Schema di Gestione Ambientale d'area si basa su di una piattaforma di Information Communication Technology ed è uno dei requisiti essenziali per un'APEA. Esso è finalizzato alla gestione efficace e efficiente secondo la logica PDCA ed è correttamente implementato se sono attuati

i suoi requisiti essenziali: Politica Ambientale, Analisi Ambientale, Programma Ambientale, Comunicazione interna ed esterna [20].

In fase di progettazione dell'APEA, è opportuno indicare alcune azioni preliminari, specificando le indicazioni contenute nelle Linee Guida, che definiscano:

- i soggetti costituenti, aderenti al Consorzio, che vorranno aderire al Regolamento;
- struttura e ruolo del Comitato di Indirizzo e del Soggetto Gestore;



**Fig. 3** – Composizione del Comitato di Indirizzo e del Soggetto Gestore - APEA - aree produttive ecologicamente attrezzate: aspetti valutativi, V. Ruaro, 2011

- il tipo di imprese ammesse e le forme di interazione con aziende esterne;
- un Regolamento di adesione e gestione da inviare alla Regione, che contenga i punti sovraesposti ed indicazioni ulteriori;
- fornitura e gestione delle infrastrutture e servizi comuni;
- buone pratiche che indichino obiettivi ed azioni prioritarie da realizzare.

Il Comitato di Indirizzo (CI), sede di convergenza e composizione degli interessi pubblici coinvolti nell'APEA, nonché di quelli privati merite-

voli di rappresentazione, indirizza e verifica le attività del Soggetto Gestore (SG) per tutelare gli interessi pubblici sottesi alla realizzazione dell'APEA. La forma giuridica del Soggetto Gestore più adatta alla realtà reatina potrebbe identificarsi, come emerso anche dalle elaborazioni del Modello SIAM, con il Consorzio stesso possibilmente coadiuvato da esperti esterni, in quanto già opera come erogatore di servizi a scala d'area, da implementare nell'ottica della simbiosi, e può consentire maggiore capacità di governance territoriale. Il rapporto tra CI e SG può essere regolato da apposita convenzione, con obblighi reciproci e durata del rapporto (Fig.3).

### 2.3.1 I requisiti prestazionali proposti

In fase di gestione è necessario implementare le indicazioni regionali con l'aggiunta di requisiti prestazionali per il riconoscimento come APEA, che potrebbero essere desunti dalla legislazione della Regione Toscana [21], nella quale la casistica dei criteri è molto ampia. In questo modo è possibile "comporre" autonomamente quelli necessari per raggiungere il livello minimo di soglia, scegliendo tra criteri minimi - ambientali e gestionali - obbligatori (27) e criteri flessibili ambientali di tipo facoltativo (80) a punteggio variabile. Con questo metodo si offre un'ampia possibilità di graduare l'intervento, adattandolo alla specifica situazione di ciascuna area industriale, con una particolare modalità di valutazione per le aree da riqualificare.

### 3. Conclusioni

Come indicato dalla Rete Cartesio, anche la Regione Lazio, nella stesura di nuovi strumenti disciplinanti, dovrebbe codificare dei criteri minimi comuni, condivisi a livello nazionale.

In relazione ai rapporti tra APEA ed aziende, la proposta descritta intende fornire indicazioni riguardo alla scelta del tipo di aziende insediabili a monte del progetto di APEA, per attrarre imprese operanti nella filiera trainante e imprese compatibili secondo le materie prime seconde, alla creazione di un meccanismo di attrazione economica delle aziende ed alla definizione di eventuali forme di interazione con imprese esterne al Consorzio, per elaborare soluzioni di scambio degli output e stabilire le più adeguate funzioni non produttive.

Il modello gestionale proposto si configura quindi come un suggerimento di modifica alla strada intrapresa in tema di APEA, suggerendo di integrare le indicazioni elaborate finora con uno strumento intermedio regionale (regolamento o altro strumento) tra le Linee Guida e i regolamenti di ciascuna area candidata, analogamente a quanto succede nelle altre realtà regionali citate. Per le aree candidate ad APEA è difficile rispondere adeguatamente ai requisiti della Certificazione EMAS, strada indicata dalle stesse Linee Guida, senza una solida guida regionale. Nel percorso di formazione delle APEA nel Lazio, la mancata definizione di elementi fondamentali come caratteristiche preliminari e requisiti prestazionali, pur avendo come punto di partenza la Call for proposal e l'applicazione del Regolamento EMAS sviluppato nei distretti, rischia di riflettersi nella gestione di ciascuna area candidata, disciplinata da un insieme di regole disomogenee tra loro.

Attualmente il Consorzio di Rieti è in posizione embrionale rispetto ad un progetto di APEA, ma presenta ampi spazi di copertura degli obiettivi: ulteriori sviluppi di questa ricerca potrebbero tradursi in una sperimentazione nell'area, con strategie concertate a livello consortile, avvalendosi dell'aiuto dei centri di ricerca interni attivi e sfruttando le zone funzionali presenti (commerciale ed artigianale) per una moltiplicazione di orari di frequentazione e usi diversificati dell'area. I risultati di questo "caso pilota" si potrebbero poi perfezionare per ricavarne regole operative generali da applicare all'intero comparto produttivo regionale.

### Bibliografia e siti di riferimento

- [1] Decreto Bassanini, Decreto Legislativo n.112, 31 Marzo 1998
- [2] L.R. 6 agosto 1999 n. 14, articolo 45 comma 1, lettera a)
- [3] Regione Lazio, D.G.R. n.880, 9 Novembre 2007; <http://www.retecartesio.it/d/u/iniziative/apea/statica.asp>
- [4] Regione Lazio, L.R n.13, 29 Maggio 1997; D.G.R. n.41, 10 Febbraio 2015; D.G.R. n.349, 14 Luglio 2015; DGR 105/2013, 14 Dicembre 2015 - Consiglio Regionale del Lazio, Proposta di Legge n.234, 22 Gennaio 2015; Proposta di Legge n.267, 11 Giugno 2015
- [5] Consiglio Regionale del Lazio, Proposta di Legge n.267, 11 Giugno 2015
- [6] Regione Lazio, D.G.R. n.349, 14 Luglio 2015
- [7] Regione Emilia Romagna, ERVET, Rete Cartesio, *Le aree produttive ecologicamente attrezzate in Italia. Stato dell'arte e prospettive*, 2010
- [8] Consiglio Regionale del Lazio, Proposta di Legge n.234, 22 Gennaio 2015; Proposta di Legge n.267, 11 Giugno 2015
- [9] Regione Lazio, *Programma Operativo Regione Lazio. FESR - Fondo Europeo Sviluppo Regionale 2014-2020*, 2015; D.G.R. n.395, 28 Luglio 2015 [10]<http://www.lazioinnova.it/bandi-post/call-for-proposal-sostegno-al-riposizionamento-competitivo-dei-sistemi-imprenditoriali-territoriali/>
- [11] Stati Generali dell'Industria, Atti del Convegno, Roma, 22-24 Febbraio 2016 [12][http://www.regione.lazio.it/binary/rl\\_urbanistica/tbl\\_contenuti/scheda\\_RIETI\\_completa.pdf](http://www.regione.lazio.it/binary/rl_urbanistica/tbl_contenuti/scheda_RIETI_completa.pdf)
- [13] [http://www.consorzioindustriale.com/?page\\_id=298](http://www.consorzioindustriale.com/?page_id=298)
- [14] <http://www.rietinnova.com/navigator.php>
- [15] Sforza F., Fiorini E., Porinelli G., Ubertini C., *Analisi sostenibilità territoriale Consorzio per il nucleo di industrializzazione di Rieti-Cittaducale, Task 4.1*, Progetto Life - SIAM, 2006; *Programma di miglioramento territoriale Consorzio per il nucleo di industrializzazione di Rieti-Cittaducale, Task 4.1*, Progetto

Life - SIAM, 2006; <http://www.life-siam.bologna.enea.it/consorzio-per-il-nucleo-di-industrializzazione-di-rieti-cittaducale-asi-rieti.html>

[16] Confessore G., Barbante I., Rinaldi C., Turina M., Turina S., *Potential growth of productive areas ecologically equipped (APEA) adherents of the FICEI*, Atti del congresso internazionale ERSA 2015, Lisbona Agosto 2015

[17] Consorzio per lo Sviluppo Industriale della Provincia di Rieti, Deliberazione del C.d.A n.104.1/15, 18 Settembre 2015

[18] Consorzio per lo Sviluppo Industriale della Provincia di Rieti, Deliberazione del C.d.A n.133/15, 9 Novembre 2015

[9] Comitato per l'Ecolabel e per l'Ecoaudit, *Posizione del Comitato per l'Ecolabel e per l'Ecoaudit sull'applicazione del Regolamento EMAS sviluppato nei distretti (Cluster)*, 2011

[20] Regione Emilia Romagna, ERVET, *La Gestione sostenibile delle aree produttive. Una scelta possibile per il governo del territorio e per il rilancio delle politiche industriali*, Regione Emilia Romagna, 2006

[21] Regione Toscana, D.P.G.R. n.74/R, 2 Dicembre 2009; D.G.R. n.1245, 28 dicembre 2009; *L'applicazione della disciplina toscana sulle Aree Produttive Ecologicamente attrezzate: metodologia e casi di studio*, 2011

# Le qualità simbiotiche dei comparti industriali

*Valeria Briigliadori [valeriabriigliadori@bit-services.it](mailto:valeriabriigliadori@bit-services.it), Consulente Energie Rinnovabili e Legislazione Ambientale, Santarcangelo di Romagna (Rn)*

## **Riassunto**

*I concetti di eco-innovazione e simbiosi industriale generano idee per l'affermazione di pratiche utili per il territorio. Non solo: s'inseriscono perfettamente nello sviluppo di un'economia circolare su piccola come larga scala.*

*Creare poli industriali capaci di produrre materiali e prodotti che comportano un minor impatto ambientale, ad un costo competitivo e rispettando il principio del ciclo della vita, permette di portare sul mercato beni socialmente apprezzati. Questo innesca una competitività "verde" volta al confronto e al miglioramento di standard eco-innovativi.*

*La simbiosi industriale premette una pianificazione urbanistica che la sostenga perché non si limita al miglioramento del processo industriale traslato in altri processi industriali dissimili e in produzioni di materiali innovativi e di energia, ma offre un apporto al centro urbano dove anche la logistica assume un ruolo fondamentale.*

*Si crea così, attraverso l'applicazione del concetto di simbiosi industriale, una rete urbana intelligente, che tocca i principi di efficientamento e smart city enunciati dall'Unione Europea.*

*Riduzione dei costi, efficientamento industriale, prodotti eco-sostenibili, miglioramento dello standard di vita, nutrono un'economia circolare basata sul riutilizzo dei materiali e sullo sviluppo di energie rinnovabili e sull'interscambio di quest'ultimi sul territorio. Tutto questo sancisce, quindi, l'importanza di sviluppare la simbiosi industriale dalla piccola alla larga scala.*

## **Summary**

*The concepts of eco-innovation and industrial symbiosis produce ideas for the development of useful practices for the territory. Furthermore, they are closely connected with the development of a circular economy on both small and large-scale.*

*Creating industrial centers capable of producing materials and products with a lower environmental impact, at a competitive cost, and respecting the principle of the cycle of life, allow us to put socially conscious goods on the market. In addition to this, this process triggers a "green competitiveness" whose aim is to improve eco-innovative standards.*

*The industrial symbiosis implies an efficient urban planning because it is not limited to the improvement of the industrial process translated into other dissimilar industrial processes and the production of innovative materials and energy, but it also offers a contribution to the city center where the logistics plays a key role, too.*

*Therefore, the application of the concept of industrial symbiosis creates a sustainable urban network through the principles of efficiency and smart city, as articulated by the European Union.*

*Together, lowered costs, industrial efficiency, eco-friendly products, and improved living standards make possible a circular economy based on the reuse of materials, the development of re-*

*newable energy and the interchange of these resources on the territory. The developing of the industrial symbiosis from small to large scale is, therefore, of vital importance.*

## **1. Introduzione**

Il concetto di eco-innovazione è collegato a quello di sviluppo sostenibile: fin dalla Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo svoltasi a Rio De Janeiro nel 1992 (e ancora prima nel Rapporto *Brundtland* nel 1987), si è affermato che “per una vita sana e produttiva in armonia con la natura” è necessario uno sviluppo armonico unito alla tutela dell’ambiente (Principio 1). Uno sviluppo o evoluzione sostenibile si basa su una corretta *governance* che deve essere in grado di appropiare correttamente il territorio, organizzarlo, forzarlo soltanto ove necessario in virtù di un bene maggiore.

Lo sviluppo sostenibile (cioè quello che, secondo il Rapporto *Brundtland*, risponde alle esigenze del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie), abbraccia anche il concetto di *smart city* attraverso il quale si pianifica e ottimizza strategicamente l’urbanistica e l’architettura di un territorio, usando come strumento l’innovazione.

Rispetto all’evoluzione industriale e all’economia basata sul petrolio, dove il benessere ha prodotto devianze strutturali notevoli, primo fra tutti lo smaltimento dei rifiuti, la quarta economia si aggancia all’ambiente senza prosciugarlo. Si può parlare anche di economia efficiente, perché non si basa più sul debito, ma sulle idee che generano utile o margine di profitto. Ecco che l’eco-innovazione diventa uno strumento duttile per arrivare a questi risultati.

Inoltre, in Italia si è assistito all’introduzione dell’interesse ambientale all’interno della procedura di evidenza pubblica, prevedendo la subordinazione del principio di economicità a determinate condizioni quali la “tutela della salute e l’ambiente e alla promozione dello sviluppo sostenibile” [1]. La Pubblica Amministrazione diventa l’esempio di propulsore di mercato che ricerca prodotti eco-compatibili. Prodotti che sarà l’industria a fornire.

In questo contesto si inserisce l’applicazione di simbiosi industriale che nella pratica applica i concetti di “flusso” fra comparti omogenei o disomogenei.

## **2. Relazione**

Il concetto di economia circolare [2] è essenziale per comprendere appieno l’utilità che la simbiosi industriale riflette sia nel comparto di produzione sia nel territorio.

Michael R. Porter nel 1995 ha dichiarato che “l’inquinamento è una forma di spreco economico, che implica l’utilizzo non necessario, inefficiente o incompleto di risorse. Alla base di sforzi di riduzione degli sprechi e di massimizzazione del profitto, vi sono alcuni principi comuni, quali l’uso efficiente degli *input*, la sostituzione dei materiali e la minimizzazione delle attività non necessarie”. Il pensiero economico di Porter ha introdotto il concetto di un’economia che è capace di auto-rigenerarsi perché sono utilizzati dei materiali che, all’interno del ciclo di vita, producono una perdita nettamente inferiore rispetto all’utilizzo di risorse non rinnovabili e inquinanti.

Nella realtà questo concetto non è ancora applicabile pienamente perché forte è il divario fra l’idea e l’applicazione su scala produttiva. Non ci si abitua a migliorare il ciclo industriale, in quanto mancano gli strumenti generativi di profitto in comparti dove percepiamo apparentemente non ci sia possibilità di risultato.

La Commissione Europea ha introdotto il concetto di economia circolare con una prima comunicazione “Verso un’economia circolare: programma per un’Europa a zero rifiuti” [3] con l’intento di adottare un nuovo sistema virtuoso che portasse alla totale eliminazione delle discariche e all’introduzione del concetto di riutilizzo e ciclo di vita. Si voleva “togliere” l’idea comune di processo lineare: produzione, consumo e infine smaltimento. In questo documen-

to, infatti, si enunciano principi di “progettazione e innovazione”, di “sblocco degli investimenti”, di “fissazione di un obiettivo relativo all’uso efficiente delle risorse”.

Era dunque chiaro l’intento a livello comunitario di introdurre concetti che portassero a pensare a come utilizzare non soltanto il prodotto alla fine del suo ciclo vitale e rigenerarlo, ma anche come impiegare gli scarti intermedi del processo industriale, diminuendo drasticamente i rifiuti. In questo senso sono state emanate Direttive importanti in tema di rifiuti che aspirano al miglioramento del sistema generale di smaltimento rifiuti e di tracciabilità.

Il concetto di tracciabilità non dovrebbe essere visto solamente per quanto concerne i rifiuti pericolosi, ma anche collegato al processo industriale. Se è noto e tracciato che quel determinato prodotto (o il suo scarto di produzione) nasce in un polo industriale, posso applicare non solamente una logistica di distribuzione, ma capire in maniera sistematica l’origine e la causa di responsabilità per un eventuale inquinamento. L’economia circolare dovrebbe essere servente per tutti gli aspetti perché prevenire l’inquinamento o individuarlo in maniera puntuale permette un risparmio in termini di costi ambientali.

La Commissione Europea ha presentato a dicembre 2015 una nuova comunicazione “L’anello mancante – Piano d’azione dell’Unione Europea per l’economia circolare” [4] attraverso la quale il nuovo presidente Junker ha posto l’obiettivo di introdurre delle misure di riferimento per tutte le fasi di vita del prodotto. Ma l’idea di economia circolare già premetteva questo tipo di interventi. Certo è che i *goal* sono più ambiziosi come ad esempio il riciclaggio dei rifiuti urbani innalzato al 75% rispetto al 70% previsto dalla precedente comunicazione.

### 2.1 Simbiosi industriale e circular economy

La simbiosi industriale [5] trova la sua origine nel concetto di “ecologia industriale” [6] attraverso il quale, facendo paragone con gli ecosistemi naturali, si dovrebbe mirare alla riduzione della produzione di rifiuti nei processi industriali, utilizzando in maniera efficiente gli scarti e i prodotti a fine ciclo vitale, introducendoli in altri processi produttivi. Ciò che caratterizza maggiormente la simbiosi è la possibilità di collegare in maniera sistematica e producendo profitti marginali, comparti industriali apparentemente scoordinati fra loro.

La simbiosi industriale si può sviluppare secondo tre modelli tipici: in distretti di simbiosi industriali, parchi eco-industriali e reti di simbiosi industriale.

Al primo modello appartiene un caso di eccellenza quale Kalundborg in Danimarca, dove si è sviluppata una rete simbiotica che incide prima di tutto su materiali residuali che diventano materie prime in altri processi industriali (ad esempio per la produzione di energia). Lo scambio si basa sul concetto di *circular e green economy*, cioè su un *core-business* economicamente vantaggioso per le parti ma rispettoso dell’ambiente. Tutelare l’ambiente ha portato gli abitanti della cittadina ad imparare a diversificare i fornitori per evitare di adattarsi a prodotti meno eco-compatibili.

Per quanto concerne il modello di parco eco-industriale, in Italia possiamo trovare similmente le c.d. “Aree Ecologicamente Attrezzate” [7] (AEA) definite dall’art. 26 come aree “dotate delle infrastrutture e dei sistemi necessari a garantire la tutela della salute, della sicurezza e dell’ambiente”. Sono aree autonome, dove le attività industriali e i servizi ambientali si incatenano in un ciclo unico e ben definito. Data la virtuosità del sistema il d. lgs. 112/98 prevede anche semplificazioni amministrative.

L’ultimo modello rappresenta forse il caso più interessante di simbiosi perché permette la modifica delle variabili in funzione del sistema dove opera. Si tratta di strumenti “simbiotici” volti a far incontrare operatori del mercato che normalmente non avrebbero ragione di interloquire, portando a loro conoscenza opportunità in base alle esigenze richieste e introducendo soluzioni di simbiosi industriale. In Italia l’Enea sta seguendo un progetto di rete

di simbiosi industriale in Sicilia [8]: un ruolo fondamentale gioca l'informazione alle imprese e il sostegno in termini di analisi e di scelta delle soluzioni tecnologiche più adeguate per la produzione di materiali eco-compatibili o di energia rinnovabile.

Ciò che accomuna questi tre modelli di simbiosi industriale, è l'applicazione del concetto di efficienza e di minimizzazione degli sprechi per quanto concerne materiali, inquinamento e costi. È vincente l'idea di collegare l'informazione (conoscenza) al profitto economico che un polo industriale o un'azienda stessa può trarre. Fare rete attraverso piattaforme informative permette in maniera reale di applicare la simbiosi industriale perché si consente alle aziende di interfacciarsi e capire come orientarsi sul mercato traendone profitto. Questo provoca una modifica del pensiero industriale e porta l'imprenditore o la società a vedere ogni scarto del proprio ciclo come una risorsa (e non un possibile rifiuto da smaltire) che potrà servire per altri cicli produttivi o per la produzione di energia.

### *2.2 Simbiosi industriale e pianificazione territoriale*

La simbiosi industriale si potrebbe introdurre in maniera sistematica nella pianificazione territoriale che consiste nella visione d'insieme del sito urbano comprensivo delle reti stradali, dei sistemi produttivi e dei comparti abitativi. Se il tessuto industriale della città funziona con concetti di rete di simbiosi industriale, la Pubblica Amministrazione dovrebbe attuare delle politiche di implementazione della rete sul territorio, incentivando con nuovi approcci urbanistici basati sulle reti di simbiosi già presenti sul territorio o, in assenza, introducendo attraverso fondi pubblici, uno dei modelli di simbiosi più adatti al proprio territorio.

Nella pianificazione urbana è possibile un intervento indiretto con partecipazione pubblico-privata. Questo potrebbe dare la possibilità di introdurre il concetto di simbiosi industriale dal "basso", permettendo alle imprese stesse di chiedere alla PA l'adozione di tecniche di simbiosi industriali in cambio di vantaggi in termini di procedure amministrative o sgravi di tassazione comunale.

Lo sviluppo di prodotti derivanti dall'applicazione di reti di simbiosi industriale potrebbe inserirsi anche sul terziario: producendo energia o prodotti di scarto per impianti ad energia rinnovabile per uffici o condomini a costi maggiormente competitivi o attraverso un intercambio utile fra operatori. Tutto questo all'interno del più grande cerchio dell'economia circolare che consente di massimizzare i benefici.

### **3. Conclusioni**

Lo sviluppo della simbiosi industriale può essere applicato meglio alla pianificazione comunale perché le variabili di un territorio sono gestite con strumenti legislativi già definiti. Ogni città deve sviluppare la propria simbiosi industriale attraverso le risorse che la caratterizzano (un comune montano potrà utilizzare biomassa legnosa di pulitura dei parchi urbani e delle zone boschive di appartenenza per rendere energeticamente autonomi, ad esempio, gli edifici residenziali pubblici, creando una rete con le imprese del territorio).

Una buona prassi di simbiosi industriale potrebbe rientrare in una piattaforma comune, dove Pubblica Amministrazione e privati possono attingere: la conoscenza è alla base di ogni azione coerente con il territorio e di tutela ambientale. Se viene dimostrato il vantaggio economico (per l'operatore privato) tessendo la prassi in una corretta politica urbanistica (da parte della Pubblica Amministrazione) allora si pongono le basi per un futuro che rispetta gli obiettivi di economia circolare, *green economy*, efficientamento delle risorse, abbattimento dei costi e prodotti eco-sostenibili. Si introduce un nuovo modo di pensare tutelativo dell'ambiente, alla base di ogni evoluzione migliorativa.

## Bibliografia

- [1] Decreto Legislativo del 12 aprile 2006, n. 163, articolo 2.
- [2] **E. MacArthur Foundation**, *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*, Isle of Wight, UK, 2012.
- [3] Comunicazione (2014), Comunicazione (COM(2014) 398 final) della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo al Comitato delle regioni, del 2 luglio 2014.
- [4] Comunicazione (2015), Comunicazione (COM(2015) 614 final) della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni, del 2 dicembre 2015.
- [5] **Cutaia L., Morabito R.**, *Ruolo della Simbiosi Industriale per la Green Economy, uno strumento innovativo per la chiusura dei cicli delle risorse*, ENERGIA, AMBIENTE INNOVAZIONE, Enea <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/EAI/anno-2012/verso-la-green-economy/ruolo-della-simbiosi-industriale-per-la-green-economy>,” *Per simbiosi industriale si intende lo scambio di risorse tra due o più industrie dissimili, intendendo con “risorse” non solo i materiali (sottoprodotti o rifiuti), ma anche cascami energetici, servizi, expertise”*.
- [6] **Frosch R.A.** *Industrial ecology: a philosophical introduction*, Proc. National Academy of Sciences USA, 1992, Vol. 89.
- [7] Introdotte con Decreto Legislativo del 31 marzo 1998, n. 112.
- [8] Più diffusamente sul sito <http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/>.

# Industrial Symbiosis: anaerobic digestion of waste products as mitigation strategy

*Andrea Esposito [andrea.esposito@uniroma1.it](mailto:andrea.esposito@uniroma1.it), Fabrizio D'Ascenzo, Giuliana Vinci  
Department of Management - Sapienza University of Rome  
Via del Castro Laurenziano 9, 00161 Roma*

## **Riassunto**

*La simbiosi industriale è una strategia aziendale con la quale è possibile aumentare la sostenibilità dei processi produttivi. La partnership tra un'azienda vinicola e una società energetica ha consentito un'innovazione di processo che consente il riutilizzo dei rifiuti alimentari dalla produzione del vino. L'azienda vinicola produce 5.200.000 tonnellate di uva. Con un biodigestore è possibile reinserire nel ciclo produttivo circa 220.000 tonnellate di rifiuti alimentari, composti da: rifiuti vegetali, trucioli di legno e rifiuti da potatura. Il riutilizzo degli scarti di produzione genera 105.000 MWh di calore e 81.000 MWh di energia elettrica, con un risparmio di 35.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>. I risultati ottenuti possono essere ottenuti dalle aziende alimentari che richiedono un elevato fabbisogno energetico e che producono notevoli quantità di rifiuti organici.*

## **Summary**

*Industrial symbiosis is a business strategy through which it is possible increase the sustainability of production processes. The partnership between a winery and an energy company has enabled the implementation of a production innovation that allows the upgrading by food waste from wine production. The winery produces 5,200,000 tons of grapes. Through the creation of a biodigester it is possible to re-enter in the production cycle about 220,000 tons of food waste, consisting of: vegetable waste, wood chips and waste from pruning. The reuse of production waste can generate 105,000 MWh of heat and 81,000 MWh of electrical energy, allowing savings of 35,000 tons of CO<sub>2</sub>. The results obtained could be reached by food manufacturers that require a high energy needs and that produce significant amounts of organic waste.*

## **1. Introduction**

The focus on sustainability has become a strategic factor for the development of industrial sustainability, aiming at achieving a particular economic goal with less negative impacts on environmental and social issues [1]. Industrial symbiosis allows implementation of corporate sustainability by the closure of material and energy flows from plants [2]. With the industrial symbiosis it is possible to achieve economic and environmental benefits through industrial synergies [3].

The need to reduce the consumption of fossil fuels and greenhouse gas emissions, has prompted companies to look for alternative ways of production [4]. Green economy in the context of the Common Agricultural Policy (CAP) highlights the priority to mitigate the deterioration of the environment and the development of renewable energy as the main challenges for the



| Equipment                             | Electricity Consumption (KWh) |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Screw pump for mesophilic CSTR        | 12.946.500                    |
| Recycle stirring pump                 | 12.946.500                    |
| Hot water recycle pump                | 3.528.000                     |
| Submerged pumps                       | 37.663.500                    |
| Overhead stirrer                      | 17.650.500                    |
| Submerged mixer for equalization tank | 7.056.000                     |
| Solid liquid separator                | 12.946.500                    |
| Illumination                          | 262.500                       |

**Tab. 1** – Main electric equipment used in the biogas plant and power consumption.

### 2.1. Energy balance

To calculate the energy balance, energy and biogas have been converted into electricity (kwh). The total production of 5,200,000 tons of grapes produces 220,000 tonnes of waste that are destined to the biodigester. Through the anaerobic digestion process the energy company can produce 105,000,000 kwh of biogas and 81 million kwh of electric energy. The use of renewable fuels allows an annual saving of about 35,000 tons of CO<sub>2</sub>. The energy produced satisfy the energy needs of the winery that produces food waste.

### 2.2. Economic Analysis

An economic analysis was conducted for the biogas plant. The biodigestion plant was built in 2009 and has an estimated life span of 20 years. The installation cost was 1,250,000 €. The annual revenue is calculated by adding up the sale of energy produced and the savings resulting from the production of energy from the biodigester. The annual costs include the cost of labor and equipment maintenance fee. The annual income is calculated from the difference between the annual operating costs and revenues. The payback period has been identified by dividing the costs for the installation of the biodigester and annual income (1).

$$\text{Payback period} = \frac{\text{investment cost}}{\text{annual income}} \quad (1)$$

Net present value (NPV) is calculated as shown in equation (2).

$$\text{NPV} = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_1}{(1+r)^i} \quad (2)$$

- C<sub>0</sub>: installation cost of biodigester
- C<sub>1</sub>: annual income
- r: rate of interest
- n: number of years
- i: discount factor at time

Table 2 shows how the payback period and npv returns positive results. Domestic production of electricity and biogas saves in a year: 3.726 € million from electricity costs and 2,195,545.54 € from gas costs.

| Type                                  | Value          |
|---------------------------------------|----------------|
| Installation cost                     | 1.250.000,00 € |
| Annual income                         | 5.921.545,54 € |
| Annual costs or equipment maintenance | 4.830.000,00 € |
| Payback period (months)               | 2,56           |
| Net present value                     | 5.529.082,99 € |

**Tab. 2** – Economic analysis of the biogas plant.

As a source of renewable energy, biogas and other renewable energy, not only bring environmental benefits but can be economically competitive in order to attract new investments. The most important benefit resulting from the anaerobic digestion is the production of biogas, which can be used to generate electricity or heat as a renewable energy source. The use of renewable energy sources has a positive impact on environment [9]. Even if the production of renewable energy may have higher costs for the production of heat or electricity [10]. It is a great challenge for the future conduct business strategies and bioenergy projects in a sustainable manner.

### 3. Conclusions

This study can be concluded observing how the production of thermal energy generated through the anaerobic digestion process satisfies the energy needs of the wine factory. Overall, the main role of the biogas plant has been the treatment and reuse of waste, saving energy sources for future generations, and the circular economy implementation.

Economic analysis has shown that a more sustainable production involves a greater economic effort for initial investments but the effects in the long run are beneficial to the environment, the economy and society.

### References

- 1) **Boons F., Baas L.**, “Industrial symbiosis in a social science perspective” Discussion Proposal for the Third Industrial Symbiosis Research Symposium, Birmingham, UK (2006).
- 2) **Dong L., Gu F., Fujita T.**, “Uncovering opportunity of low-carbon city promotion with industrial system innovation: Case study on industrial symbiosis projects in China” Energy Policy 65, 388–397, (2014).
- 3) **Desrochers, P.**, “Industrial symbiosis: the case for market coordination” Journal of Cleaner Production 12, 1099–1110, (2004).
- 4) **Bacenetti J., Fiala M.**, “Carbon footprint of electricity from anaerobic digestion plants in Italy” Environmental Engineering and Management Journal, 14, 1495-1502, (2015).
- 5) **Jacobsen, N.B.**, “Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects” Journal of Industry Ecology 10, 239–255, (2006).
- 6) Legambiente, “Comuni rinnovabili”, (2016)
- 7) **Manzonea M., Paravidinob E., Bonifacinob G., Balsaria P.**, “Biomass availability and quality produced by vineyard management during a period of 15 years” Renewable Energy Volume 99, 465–471, (2016).
- 8) **Patrizio P., Chinese D.**, “The impact of regional factors and new bio-methane incentive schemes on the structure, profitability and CO2 balance of biogas plants in Italy” Renewable Energy, 99, 573–58, (2016).
- 9) **Pearce, J.M.**, “Industrial symbiosis of very large-scale photovoltaic manufacturing” Renewable Energy 33, 1101–1108, (2008).
- 10) **Sokka, L., Lehtoranta, S., Nissinen, A., Melanen, M.**, “Analyzing the environmental benefits of industrial symbiosis” Journal of Industry Ecology 15, 137–155, (2011).

# Il progetto FOOD CROSSING DISTRICT di Simbiosi industriale: due nuovi alimenti da sottoprodotti ed una mappa delle relative economie circolari in Emilia Romagna

*Valentina Fantin*<sup>1</sup>, [valentina.fantin@enea.it](mailto:valentina.fantin@enea.it), *Alessandra Bendini*<sup>2</sup>, *Patrizia Buttol*<sup>1</sup>, *Luca Camanzi*<sup>2</sup>, *Vladimiro Cardenia*<sup>2</sup>, *Laura Cutaia*<sup>1</sup>, *Simona Scalbi*<sup>1</sup>, *Claudia Scagliarino*<sup>1</sup>, *Maria Teresa Rodriguez-Estrada*<sup>2</sup>, *Enrico Valli*<sup>2</sup>, *Tullia Gallina Toschi*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ENEA – Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Via Martiri di Monte Sole 4, 40129 Bologna.

<sup>2</sup>CIRI Agroalimentare, Università di Bologna, Via Quinto Bucci 336, 47521 Cesena (FC).

## Riassunto

*Il settore agroalimentare genera quantità rilevanti di sottoprodotti e scarti, il cui smaltimento produce impatti ambientali ed economici. L'obiettivo del progetto FOOD CROSSING DISTRICT è l'individuazione di soluzioni per la valorizzazione di scarti e sottoprodotti agroalimentari derivanti da due filiere produttive dell'Emilia-Romagna. In particolare, saranno valorizzati bucce e semi provenienti dalla lavorazione del pomodoro e crusca e cruschetto, ottenuti dalla lavorazione del grano. Grazie all'impiego di tecnologie a basso impatto ambientale si otterranno un olio da co-frangitura di olive con bucce e semi di pomodoro, una crusca disoleata ed un olio di germe di grano. Sarà inoltre effettuata la valutazione della sostenibilità ambientale ed economica a livello industriale e di mercato, tramite un approccio di LCA (Life Cycle Assessment) e saranno definiti percorsi di simbiosi industriale per il miglioramento della competitività delle imprese.*

## Summary

*The agri-food sector generates significant amounts of by-products and waste, the disposal of which produces negative environmental and economic impacts. The goal of FOOD CROSSING DISTRICT project is to identify solutions for the reuse and the enhancement of agri-food waste and by-products from two production chains of Emilia-Romagna region. In particular, tomato skins/seeds and durum wheat bran will be considered. The use of technologies with a low environmental impact will allow to obtain three products: oil produced by co-pressing of olives with tomato skins/seeds, defatted bran and wheat germ oil. The environmental and economic sustainability of the resulting products, at both industrial and market levels, will be also performed by means of Life Cycle Assessment (LCA) approach. Finally, the definition of the industrial symbiosis routes will contribute to improve the competitiveness of companies.*

## 1. Introduzione

La simbiosi industriale rappresenta una filosofia di sistema nella quale le sinergie e le potenzialità delle industrie del territorio sono valorizzate attraverso l'individuazione di percorsi di scambio di materiali, energie e servizi tra le diverse entità, trasformando in risorsa ciò che è scarto per un'altra azienda. Questo approccio di sistema costituisce un elemento fondamentale per la promozione e lo sviluppo dell'Economia Circolare, definita dalla Commissione Europea come un'economia in cui "il valore dei prodotti e dei materiali si mantiene il più a lungo possibile; i rifiuti e l'uso delle risorse sono minimizzati e le risorse mantenute nell'economia quando un prodotto ha raggiunto la fine del suo ciclo vitale, al fine di riutilizzarlo più volte e creare ulteriore valore" [1].

Il settore agroalimentare, in particolare, genera quantità rilevanti di sottoprodotti e scarti, il cui smaltimento produce impatti ambientali ed economici negativi. L'attenzione delle politiche europee sulla sostenibilità è rivolta alla loro riduzione e valorizzazione mediante innovazione tecnologica (processi biotecnologici verdi) e di sistema (simbiosi industriale), per aumentare la competitività delle imprese e creare nuove opportunità di lavoro.

In questo contesto si sviluppa il progetto Food-Crossing District, finanziato dal POR FESR 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna e rivolto a sviluppare e promuovere l'economia circolare attraverso la valorizzazione di due sottoprodotti derivanti dalla lavorazione del pomodoro e del grano (Fig. 1). In particolare, il progetto prevede la valorizzazione di bucce e semi provenienti dalla lavorazione del pomodoro e crusca e cruschetto ottenuti da grano duro, con l'impiego di tecnologie innovative, sviluppate su scala di laboratorio e/o semi-industriale. Da queste lavorazioni saranno studiati e realizzati nuovi prodotti alimentari: un olio da co-frangitura di olive con bucce e semi di pomodoro da proporre direttamente al mercato come prodotto funzionale, una crusca disoleata e torrefatta ed un olio di germe di grano per il mercato alimentare o il settore dei biocarburanti. Inoltre, in un'ottica di economia circolare, saranno svolte: 1) la valutazione della sostenibilità ambientale con approccio di ciclo di vita (mediante la metodologia di Life Cycle Assessment-LCA) individuando i punti critici della filiera e proponendo opzioni di miglioramento per portare sul mercato una tecnologia/prodotto a basso impatto ambientale; 2) la definizione e l'ottimizzazione di percorsi di simbiosi industriale attraverso la realizzazione di uno strumento software finalizzato alla raccolta ed elaborazione dati dalle imprese e l'elaborazione di una mappa dinamica delle economie circolari delle due filiere. Le attività descritte nei punti precedenti (1 e 2) forniranno inoltre elementi necessari per valutare la sostenibilità delle soluzioni prospettate anche in chiave economica, consentendo di identificarne e quantificarne i costi e i benefici diretti e indiretti e, quindi, di evidenziarne i punti critici e i fattori di successo, nella prospettiva di più efficienti relazioni industriali (*Business to Business*) e di un migliore accesso al mercato finale (*Business to Consumer*).

## 2. Quadro di riferimento: progetto FOOD CROSSING DISTRICT

Per quanto riguarda la filiera del pomodoro, nel 2015 l'Italia ha trasformato 5,4 milioni di tonnellate di pomodori (con un aumento del 10% rispetto all'anno precedente), attestandosi tra i primi paesi in termini di produzione mondiale e leader nella produzione di derivati del pomodoro per la vendita al dettaglio [3]. Il processo di trasformazione industriale del pomodoro genera uno scarto significativo il cui 10-30% è costituito da bucce e semi. I caroteni e carotenoidi, pigmenti vegetali liposolubili, coinvolti sia nella fotosintesi clorofilliana, sia nella foto-protezione cellulare dai danni legati ai raggi ultravioletti, si trovano maggiormente nella buccia di pomodoro, rispetto alla polpa. Tra questi, il licopene vanta proprietà biologiche correlate alla sua attività antiossidante e detossificante nei confronti dei radicali liberi [4]. CIRI-Agroalimentare ha precedentemente avviato una sperimentazione di co-frangiture di sottoprodotti del pomodoro ed olive dalla quale è stato possibile ottenere un olio di oliva naturalmente arricchito in licopene [5]. I risultati hanno mostrato che il riutilizzo di scarti di

lavorazione del pomodoro può essere un modo naturale per arricchire un substrato lipidico come l'olio ottenuto dalle olive, già noto per le sue proprietà salutistiche.

Altra filiera d'interesse è quella del grano. Ogni anno, oltre 650 milioni di tonnellate di grano sono prodotti nel mondo, ed oltre il 69% è indirizzato a scopi alimentari [6]. Dopo il processo di macinazione, la crusca rappresenta circa il 25% del peso del frumento macinato [7]. Si tratta quindi di circa 150 milioni di tonnellate di questo sottoprodotto, principalmente utilizzato nell'industria mangimistica [6], ma in modo crescente nell'ultimo decennio destinato anche all'alimentazione umana perché ricco di fibra alimentare e composti bioattivi. Considerando che la crusca può contenere più del 5% di olio se il germe non è completamente rimosso [8], la disoleazione è necessaria per il suo utilizzo in prodotti dietetici. La crusca disoleata e l'olio estratto dal cruschetto, in relazione alle peculiari qualità chimiche e sensoriali, potrebbero trovare mercato principalmente in campo alimentare (gamme *light*), ma anche eventualmente nella mangimistica animale e nel comparto della produzione di biodiesel e dei biopolimeri. In questo modo, la crusca di grano sarebbe ulteriormente valorizzata in un'ottica di sostenibilità della filiera strategica del frumento. All'interno del progetto, CIRI-Agroalimentare effettuerà la disoleazione dalla crusca e la caratterizzazione compositiva e sensoriale dei prodotti generati (crusca disoleata ed olio estratto). Il processo di disoleazione della crusca sarà realizzato mediante estrazione supercritica. Questa tecnologia è già ampiamente utilizzata per l'estrazione dell'olio da matrici di diversa origine (previa macinazione), e l'efficienza dell'estrazione dell'olio (80-93%) dipende principalmente dalle caratteristiche chimico-fisiche del materiale macinato (dimensione e contenuto in acqua) e dalle variabili di processo (pressione, temperatura, tempo di estrazione) [9, 10]. A questo proposito, nel progetto saranno verificate diverse condizioni e saranno scelte quelle che consentono una maggiore efficienza di estrazione dell'olio, dei pigmenti liposolubili (carotenoidi) e di altre sostanze che possono contribuire alla modificazione del colore (polifenoli). Particolare attenzione sarà rivolta alla valutazione del colore della crusca disoleata, che può incidere sull'accettabilità sensoriale da parte dei consumatori. L'olio ottenuto tramite estrazione supercritica sarà caratterizzato dal punto di vista chimico-fisico e sensoriale, focalizzando l'attenzione sul contenuto di composti bioattivi ed il suo stato ossidativo. Nel caso l'olio sia ritenuto adatto al consumo umano, sarà sottoposto ad uno studio di *shelf-life* per valutarne sia la stabilità in conservazione che la ritenzione in composti bioattivi, così da studiare una possibile commercializzazione del prodotto. Nel caso l'olio estratto non possieda un profilo qualitativo e sensoriale accettabile, ne sarà valutata l'utilizzazione come carburante o matrice per la produzione di biodiesel.

Inoltre, verrà svolta un'analisi LCA sia delle tecnologie, per valutare come migliorare dal punto di vista ambientale il ciclo di produzione, sia dei prodotti stessi per ottimizzarne tutte le fasi del ciclo di vita senza spostare i problemi ambientali da una fase ad un'altra.

Infine, sempre tenendo in considerazioni la promozione e lo sviluppo dell'economia circolare, cuore e motore di questo progetto, saranno definiti percorsi di simbiosi industriale, sia delle aziende coinvolte nel progetto, che faranno da caso pilota, sia di altre aziende del territorio, per promuovere un uso più sostenibile delle risorse e l'implementazione di soluzioni tecnologiche innovative, contribuendo in tal modo al miglioramento della competitività delle imprese e del territorio. Tale attività sarà supportata dalla realizzazione di manuali operativi sulle soluzioni tecnologiche sviluppate, di una banca dati delle aziende coinvolte e di uno strumento software geo-referenziato per l'acquisizione delle informazioni input-output dalle aziende, a vantaggio di possibili sinergie del sistema agro-alimentare regionale.

L'individuazione e quantificazione dei flussi materiali e delle relazioni commerciali – esistenti o potenziali – tra le imprese del territorio rappresenta un fattore essenziale per la valutazione delle condizioni di costo e delle opportunità di remunerazione associate alle attività proposte per la valorizzazione delle biomasse considerate. Analisi di settore e tecniche di stima monetarie saranno utilizzate per evidenziare le condizioni di fattibilità economica degli investimenti

necessari alla realizzazione delle soluzioni prospettate. Tra gli scenari considerati vi saranno da un lato le opzioni di ampliamento delle attività produttive e, dall'altro lato, le opzioni di esternalizzazione delle stesse (scelte *make or buy*). Il giudizio di convenienza degli investimenti necessari sarà quindi sottoposto ad un'analisi di sensibilità che consentirà di identificare i fattori critici e le opportunità di successo delle soluzioni proposte. Infine, laddove lo sviluppo della ricerca e il grado di avanzamento delle soluzioni tecnologiche lo consentiranno, lo studio considererà anche le principali scelte in chiave di marketing a disposizione delle imprese, testando l'apprezzamento dei prodotti da parte del consumatore e suggerendo coerenti politiche di prodotto, prezzo, distribuzione e promozione.

### 2.1 Attività per la valorizzazione degli scarti alimentari

L'approccio complessivo di progetto è quello di produrre un impatto molteplice, differenziato sul territorio, in termini di ricaduta imprenditoriale, sia a breve che a lungo termine. L'applicazione di tecnologie innovative o "su misura", insieme alla partecipazione delle aziende ha lo scopo di innescare un meccanismo virtuoso e pervasivo.

Il progetto produrrà diversi *output*, che saranno "materiali", cioè di tipo tecnologico, ricerca industriale e realizzazione prodotti ed "immateriali", ovvero di innesco effettivo ed efficace di relazioni di economia circolare, di declinazione ed adattamento delle logiche di simbiosi industriale nel territorio della Regione Emilia-Romagna, di valutazione della sostenibilità economica ed ambientale ed infine ampia disseminazione delle esperienze e risultati ottenuti nel progetto.

Tra i risultati previsti c'è l'ottenimento di un prodotto "condimento a base di olio di oliva e pomodoro" (prototipo olio di oliva/pomodoro) su scala semi-industriale (frantoio privato o cooperativo realmente operante in Regione). Durante la fase di sperimentazione dell'impianto saranno valutate le opzioni di *scale-up*, per identificare le migliori condizioni di lavorazione e resa, ed è prevista un'attività di caratterizzazione e dosaggio delle sostanze bioattive, in particolare il licopene. Inoltre sarà tenuto in considerazione anche il gradimento dei consumatori per il prodotto, tramite questionari e test, con lo scopo di ottimizzare colore e caratteristiche sensoriali. Un altro risultato sarà l'ottenimento, su scala di laboratorio e poi semi-industriale (aziende operanti in Italia), di una crusca disoleata (prototipo crusca) ed eventualmente torrefatta ed un olio di germe di grano (prototipo olio germe). È prevista la realizzazione di uno schema di impianto industriale di estrazione supercritica, specificamente progettato per operare su crusca e cruschetto completo di: i) corretto dimensionamento sulla base delle quantità annuali prodotte; ii) ipotesi e costi di configurazioni complementari per altri possibili usi da identificare; iii) costi di realizzazione, di mantenimento, di funzionamento e di personale; iv) ipotesi di collocazione geografica nell'area Emiliano Romagnola. Inoltre, per questo prodotto, dopo un'adeguata caratterizzazione chimico fisica e sensoriale, sarà elaborata una scheda tecnica di qualità (con specifiche chimiche, compositive e di sicurezza microbiologica).

Il progetto prevede anche un'analisi approfondita dei prodotti sia dal punto di vista ambientale che economico, per avere un quadro complessivo della loro sostenibilità. L'analisi di sostenibilità ambientale sarà svolta tramite studi di LCA di *screening* dei due scenari tecnologici in un'ottica di eco-progettazione di processo e studi di LCA di dettaglio riguardanti la valorizzazione degli scarti di lavorazione del frumento e del pomodoro. L'analisi economica includerà una valutazione preliminare delle condizioni di sostenibilità economica delle due tecnologie per l'ottenimento dei prodotti innovativi (dimensionamento degli impianti, valutazione del mercato e misure di sostegno di marketing ai prodotti) e la formulazione di piani di marketing e messa a punto di indicazioni e strumenti operativi (caratteristiche di prodotto, confezione, marca, servizio, prezzo, canali di distribuzione, promozione, pubblicità) per la commercializzazione dei prodotti sul mercato. In particolare per l'olio arricchito di licopene è previsto uno studio per la commercializzazione del prodotto, che valuti le sue ricadute in ter-

mini salutistici e di legame con il territorio e una campagna per il lancio del prodotto durante un evento di disseminazione del progetto.

## 2.2 Attività di simbiosi industriale

ENEA ha acquisito una consolidata esperienza nel campo della simbiosi industriale, mediante lo svolgimento di diversi progetti nazionali su esperienze pilota nel campo della simbiosi industriale come il progetto Ecoinnovazione Sicilia e il progetto “Green-Simbiosi Industriale in Emilia-Romagna”, che avevano l’obiettivo di favorire il trasferimento delle risorse tra piccole e medie imprese e offrire strumenti operativi per l’implementazione di percorsi di simbiosi industriale tra le aziende [11, 12].

All’interno del progetto Food Crossing District, le attività di simbiosi industriale vedranno il coinvolgimento di aziende del territorio regionale appartenenti a tre principali tipologie: aziende operanti prevalentemente nei settori agro-alimentari che producono flussi di sottoprodotti da valorizzare, industrie dotate delle tecnologie per realizzare la trasformazione e la valorizzazione dei sottoprodotti, soggetti che riutilizzano i sottoprodotti, dopo essere stati valorizzati. La scelta delle aziende da coinvolgere sarà programmata in base alle quantità prodotte, all’importanza della risorsa sul territorio e alle conoscenze tecnologiche sviluppate dai partner di progetto. Le attività coinvolgeranno i principali attori della filiera produttiva come consorzi agricoli, cooperative di produttori e relative confederazioni. Gli attori partecipanti al progetto si incontreranno all’interno di tavoli di lavoro appositamente costituiti, col coinvolgimento diverse aziende per ciascun tavolo, dove saranno illustrati gli strumenti da utilizzare e le schede di raccolta dati per l’implementazione del database. Negli incontri successivi saranno presentati i risultati delle diverse fasi ed analizzate le problematiche proposte dai partecipanti. Per ciascuna azienda coinvolta nei tavoli di lavoro si identificherà almeno una sinergia possibile.

Parallelamente all’avvio dei tavoli di lavoro e sulla base dell’esperienza già acquisita da ENEA e del linguaggio già utilizzato nelle precedenti esperienze di simbiosi industriale, sarà sviluppato uno specifico applicativo, dedicato al progetto, finalizzato in particolare alla raccolta ed elaborazione dati delle imprese delle filiere agroalimentari. Lo strumento, analogamente a quello già utilizzato da ENEA in precedenti progetti, permetterà la georeferenziazione dei dati e sarà in grado di acquisire le informazioni input-output dalle aziende e di individuare le possibili connessioni e sinergie del sistema, a partire dallo sviluppo di specifiche schede di valorizzazione (arco origine-destinazione). Per ottenere questi risultati sarà utilizzato un software GIS open source dotato di un database relazionale con supporto per la geo-localizzazione che permetterà di memorizzare le informazioni relative agli utenti registrati.

Lo strumento sarà mirato alle imprese e quindi sarà posta particolare attenzione allo sviluppo di un’interfaccia *user-friendly* per l’inserimento dei dati, per l’analisi delle connessioni e l’interrogazione delle banche dati. Sarà inoltre sviluppata una funzionalità per l’ottimizzazione logistica da includere nelle valutazioni delle diverse soluzioni.

Infine sarà elaborato un manuale operativo sulle soluzioni tecnologiche innovative sviluppate all’interno del progetto, che includerà un’analisi della normativa di riferimento, l’analisi ambientale mediante LCA e un’analisi economica delle sinergie proposte per la valorizzazione degli scarti.

## 3. Conclusioni

Il progetto “FOOD CROSSING DISTRICT” intende favorire la simbiosi industriale fra imprese e/o la gestione congiunta di alcuni processi, tramite la valorizzazione degli scarti prodotti da due filiere agroalimentari dell’Emilia-Romagna (semi e bucce della lavorazione del pomodoro e scarti di sfarinatura del grano), per l’ottenimento di prodotti funzionali ad alto valore aggiunto mediante soluzioni tecnologiche innovative ed economicamente sostenibili e

opportuni strumenti di collegamento business-to-business. La valutazione della sostenibilità economica delle soluzioni proposte consentirà di fornire alle imprese indicazioni sui fattori critici che ne condizionano la fattibilità nel breve periodo e il raggiungimento di un equilibrio economico e finanziario nel medio-lungo periodo.

Tali indicazioni riguarderanno, in particolare, scelte relative alla dimensione degli impianti, ai costi di trasformazione e di trasporto (valutazione di efficienza), ma anche alle modalità di remunerazione sul mercato di riferimento (valutazione di redditività). Inoltre, saranno proposti orientamenti di marketing per la commercializzazione dei prodotti da valorizzare ed eventualmente dei prodotti derivati.

Il progetto, rispondendo ai principi dell'economia circolare ed ai principi della *green economy*, mira a realizzare il miglioramento del benessere e dell'equità sociale, riducendo i rischi ambientali e le scarsità ecologiche. Si propone inoltre di formare ricercatori e tecnologi in grado di implementare i nuovi processi e di sfruttare l'approccio interdisciplinare adottato, per i quali inoltre lo studio di fattibilità di nuovi investimenti (impianti e/o stabilimenti) rappresenterà una opportunità di creazione di nuovi posti di lavoro.

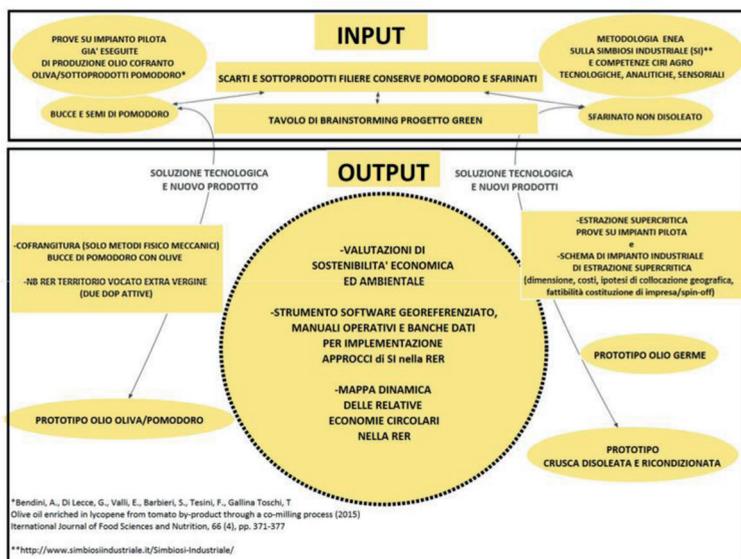


Fig. 1 – Schema del progetto

## Bibliografia

- [1] **Commissione europea**, 2016. Scheda informativa “Pacchetto sull’economia circolare: domande e risposte”, consultabile all’indirizzo [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-15-6204\\_it.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_it.htm)
- [2] **Commissione Europea**, “COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI- L’anello mancante - Piano d’azione dell’Unione europea per l’economia circolare” Bruxelles, 2.12.2015, COM(2015) 614 final.
- [3] **Indagine ISMEA-ACI-Italia Ortofrutta-Unaproa**. Pomodoro da industria: nel 2015 la produzione italiana cresce del 10%. 16 dicembre 2015.
- [4] **Kamiloglu, S., Boyacioglu, D., Capanoglu, E.** (2013). The effect of food processing on bioavailability of tomato antioxidants. *J Berry Res*, 3, 65–77.
- [5] **Bendini, A., Di Lecce, G., Valli, E., Barbieri, S., Tesini, F., Gallina Toschi, T.** (2015). Olive oil enri-

- ched in lycopene from tomato by-product through a co-milling process *Int J Food Sci Nutr*, 66, 371–377.
- [6] **Prückler, M., Siebenhandl-Ehn, S., Apprich, S., Höltinger, S., Haas, C., Schmid, E., & Kneifel, W.** (2014). Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *LWT-Food Science and Technology*, 56, 211-221.
- [7] **Neves, M. A., Kimura, T., Shimizu, N., & Shiiba, K.** (2006). Production of alcohol by simultaneous saccharification and fermentation of low-grade wheat flour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(3), 481-490.
- [8] **Apprich, S., Tirpanalan, Ö., Hell, J., Reisinger, M., Böhmendorfer, S., Siebenhandl-Ehn, S., Novalin, S., & Kneifel, W.** (2014). Wheat bran-based biorefinery 2: Valorization of products. *LWT-Food Science and Technology*, 56, 222-231.
- [9] **Durante, M., Lenucci, M. S., Rescio, L., Mita, G., & Caretto, S.** (2012). Durum wheat by-products as natural sources of valuable nutrients. *Phytochemical Reviews*, 11, 255–262.
- [10] **Panfili, G., Cinquanta, L., Fratianni, A., & Cubadda, R.** (2003). Oil and defatted cake characterization. *Journal of the American Oils' Chemists Society*, 80, 157–161.
- [11] **Cutaia L., Luciano A., Barberio G., Sbaffoni S., Mancuso E., La Monica M., Scagliarino C.** (2015). The experience of the first industrial symbiosis platform in Italy. *Environmental Engineering and Management Journal* 14 (7): 1521-1533.
- [12] **Luciano A., Barberio G., Mancuso E., Sbaffoni S., La Monica M., Scagliarino C., Cutaia L.** (2016). Potential improvement of the methodology for industrial symbiosis implementation at regional scale. *Waste and Biomass valorization*. 7(4), 1007–1015.

# Nuove strategie della simbiosi industriale per la valorizzazione delle risorse agrumicole siciliane

*Vanessa Gambera, [vanessagambera91@gmail.com](mailto:vanessagambera91@gmail.com)*

*Alessandro Camuglia, Federica Ragaglia, Ester Stella, Tonino Zingale  
Università degli Studi di Catania, Dipartimento Economia e Impresa,  
Catania*

## **Riassunto**

*Il seguente paper analizza le modalità, le tecnologie di avanguardia ed i vantaggi economici generati da una simbiosi industriale all'interno della filiera agrumicola siciliana. La condivisione di risorse, tra imprese appartenenti a settori tradizionalmente separati, permette un utilizzo più efficiente di risorse naturali, e un incremento della competitività delle imprese agricole mediante la riduzione dei costi industriali e dell'impatto ambientale. È stata indagata un'apposita rete venutasi a creare tra l'attività di due aziende siciliane: la prima di trasformazione, di cui viene descritto il processo di lavorazione degli agrumi e la valorizzazione dei suoi residui; la seconda azienda di produzione, di semilavorato, di lavorazione scarti e di confezionamento che impiega gli scarti della prima azienda per la produzione dei suoi output.*

## **Summary**

*This paper analyzes the cutting-edge technologies and the economic advantages with which new circular economy approach is implemented in the Sicilian citrus supply chains, in order to contribute to a more efficient use of natural resources and, at the same time, to encourage an increase in competitiveness of agricultural enterprises through the reduction in manufacturing costs and environmental impact with a view to sustainability.*

*It was investigated a special network created between the activities of two companies belonging to the Sicilian citrus fruit sector: a company is described by the citrus fruits processing and its residues value; the second company is analysed by semi-finished production, its processing waste and packaging.*

## **1. Introduzione**

Per Simbiosi Industriale si intende l'integrazione di aziende distinte attraverso la condivisione di risorse e di scarti. La definizione proviene dall'analogia con i sistemi naturali, in cui lo scarto di un organismo diviene input per un altro processo biologico. Si tratta, cioè, di una strategia per la chiusura dei cicli delle risorse e l'ottimizzazione del loro uso nell'ambito di un adeguato intorno economico territoriale [1]. Alla base del concetto di economia circolare si colloca il riutilizzo delle risorse ed una corretta gestione dei rifiuti, nonché degli scarti, finalizzato ad assicurare la sostenibilità del nostro pianeta mediante l'impiego di processi industriali ecosostenibili. La simbiosi industriale coinvolge aziende appartenenti a settori tradizionalmente separati con un approccio integrato, finalizzato a promuovere vantaggi competitivi

attraverso lo scambio di materia, energia, acqua e/o sottoprodotti. Tra gli aspetti chiave che consentono il realizzarsi della simbiosi industriale vi sono la collaborazione tra imprese e le opportunità di sinergia disponibili in un determinato territorio [2]. Obiettivo del paper è quello di analizzare le modalità, le tecnologie di avanguardia ed i vantaggi economici generati dall'attuazione di un modello di simbiosi industriale all'interno della filiera agrumicola siciliana, allo scopo di cogliere le sinergie e le opportunità di business emergenti. Lo sviluppo di tale approccio sistemico consente, sia a livello pratico che teorico, di conseguire l'idea di una società che si fonda sul concetto di rifiuto come nuovo input di produzione per la valorizzazione delle risorse. L'analisi si condurrà con riguardo a due aziende situate in Sicilia, che dal 2012 è protagonista dell'implementazione di una piattaforma di simbiosi industriale, nell'ambito del progetto Eco-Innovazione Sicilia, coordinato dall'Unità Tecnica Tecnologie Ambientale (UTTAMB), promosso dall'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (agenzia ENEA). La piattaforma è uno strumento dinamico e cooperativo in quanto prevede l'interazione tra diversi utenti (aziende ed enti locali), i quali forniscono informazioni specifiche che vengono inserite in apposite banche dati. Essa mira ad offrire strumenti informativi e di analisi in grado di supportare le imprese nelle scelte tecnologiche, strategiche ed ambientali per il miglioramento e l'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse [3].

## **2. La filiera agrumicola siciliana**

L'intera filiera agrumicola siciliana è costituita dal Distretto Produttivo Agrumi di Sicilia, nato dall'esigenza derivante dai diversi comparti dell'agrumicoltura siciliana di aggregarsi in un unico distretto. La Sicilia è la maggiore regione agrumetata d'Italia, vanta quattro produzioni di eccellenza fra DOP e IGP ed è leader in Italia per le coltivazioni di agrumi Bio. Sono coinvolte 42 mila aziende con 84 mila addetti diretti e 504 mila nell'indotto, che si occupano della raccolta, commercializzazione, distribuzione e trasformazione dei prodotti agricoli siciliani [4]. La filiera vanta tradizioni storiche di grande rilievo che nel tempo hanno rappresentato fonte di reddito e di occupazione. Attualmente essa si associa e propone nuove idee di sviluppo, spunti di progettazione, allo scopo di individuare innovazioni di prodotto e di processo verso una collaborazione simbiotica, dialogata e condivisa. Gli attori della filiera sono: produttori agricoli singoli o associati in coop ed organizzazioni di produttori, centri agroalimentari e mercati all'ingrosso, aziende di trasformazione, industrie di succhi e confetture. La produzione è concentrata nelle zone della piana di Catania, di Siracusa e di Palermo, produttori rispettivamente di arance varietà tarocco, limoni varietà femmineo e mandarino. I principali indici tecnici, che identificano la filiera agrumicola siciliana, sono rappresentati dai seguenti elementi:

- le tecniche aziendali, caratterizzate dalla densità dell'impianto, fattore che oscilla dalle 400 alle 600 piante per ettaro, dalla durata economica di quest'ultimo, che va dai 30 ai 50 anni e dal fabbisogno di manodopera mediamente necessario stimato in 450 ore/ha;
- le caratteristiche produttive che presentano una produttività per il tarocco di 35 t/ha, per il femmineo 40 t/ha e per il mandarino 30 t/ha;
- il periodo di raccolta che avviene da metà dicembre a fine aprile per il tarocco, da metà ottobre a fine maggio per il limone e da metà di gennaio a fine marzo per il mandarino.

I dati dell'Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (ISMEA), nell'anno 2013, hanno registrato un calo negli acquisti di arance da parte delle famiglie (- 1,6%), con una crescita invece per la richiesta di piccoli agrumi. Sono state create sinergie ed accordi con le industrie di trasformazione per accrescere il valore aggiunto della materia prima, puntando anche a riposizionare sui mercati nazionali ed internazionali gli agrumi in genere e le produzioni di qualità, in particolare i prodotti di Sicilia DOP, IGP e BIO. Si cerca dunque, di promuovere, oltre che il consumo del prodotto fresco anche di quello trasformato [5]. Secondo i dati Istat, i flussi in ingresso di prodotti agrumicoli hanno evidenziato un trend di crescita

nell'annata 2014-2015 nella nostra nazione e, il principale Paese fornitore risulta la Spagna con il 60% di quota sul totale dei flussi in entrata. Discorso opposto si osserva per i flussi in uscita, che hanno attraversato un andamento negativo a volume nelle ultime sei campagne, passando dalle 344.009 tonnellate del 2009-2010 alle 250.622 tonnellate del 2014-2015. Tale trend discendente viene bilanciato da un aumento positivo dei prezzi medi delle ultime tre annate che hanno stabilizzato gli andamenti a valore; inoltre principali mercati di sbocco sono la Germania, Austria, Svizzera e Polonia [6].

### 3. Casi studio: Coa s.r.l. e Agrumi-gel s.r.l.

La valorizzazione delle risorse agrumicole siciliane viene adesso analizzata attraverso lo studio di due diverse aziende, che interagiscono allo scopo di ottenere vantaggi reciproci derivanti dalla condivisione di risorse e scarti, perseguendo obiettivi di eco-efficienza. L'applicabilità del concetto di simbiosi industriale risulta evidente a partire dalle attività condotte da COA s.r.l., azienda ortofrutticola siciliana con sede in Contrada Rasoli, s.n. - Scordia (Catania), che da trent'anni produce agrumi di ottima qualità nei suoi agrumeti situati in zone vocate della Sicilia.

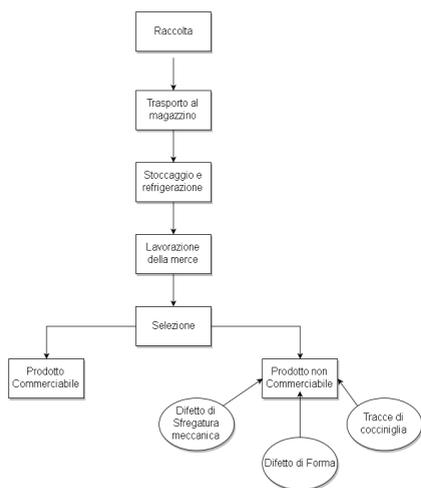
I prodotti sono stati da sempre coltivati in aperta campagna nel pieno rispetto dei cicli naturali, con l'applicazione dei metodi di produzione a lotta integrata. L'azienda vanta la produzione di una grande quantità di prodotti vitaminici, sintetizzati nella tabella 1.

| Clementine       | Arance      | Mandarini | Limoni     | Frutti        |
|------------------|-------------|-----------|------------|---------------|
| Mandarino Okitsu | Navelina    | Comune    | Femminello | Fichi d'india |
| Myagawa          | Tarocco     | Tardivo   | Verdello   | Pesche        |
| Fortuna          | Moro        |           |            | Pere          |
| Nova             | Sanguinelle |           |            | Pomodori      |
| Tacle            | Valencia    |           |            | Uva           |
|                  |             |           |            | Meloni        |

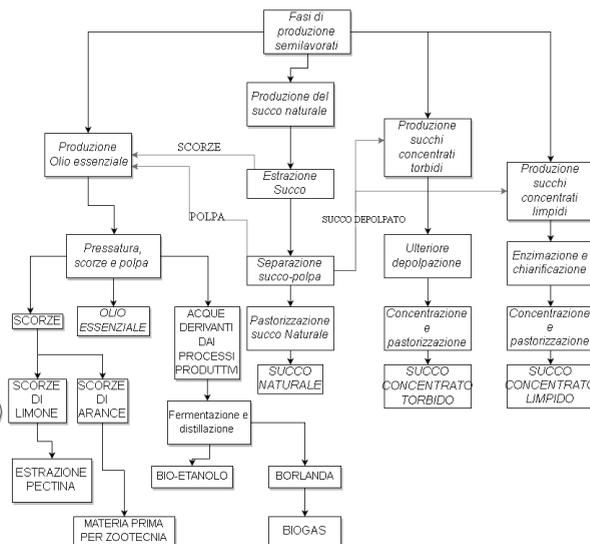
**Tab. 1** – *La varietà dei prodotti garantiti dalla qualità dei marchi COA s.r.l.*

**Fonte:** <http://www.coa.it/>

Coa s.r.l. costituisce un tassello indispensabile del suddetto processo di simbiosi industriale, attraverso il trasferimento degli scarti dei propri processi di produzione ad un'altra azienda, la quale li accoglie come materie prime e, mediante tecniche di valorizzazione e trasformazione, genera i relativi output. Si tratta dell'azienda Agrumi-gel s.r.l. di Barcellona Pozzo di Gotto (Messina), che svolge attività di trasformazione di agrumi e di lavorazione dei derivati nei propri impianti a partire dal 1990, quando in un piccolo impianto in affitto veniva effettuata soltanto la trasformazione degli agrumi per la produzione del succo. Principale mercato di sbocco è quello internazionale (90%), mentre solo una piccola parte è destinata al mercato interno. La Fig. 1 mostra il diagramma di flusso che descrive le diverse attività del ciclo di lavorazione della Coa s.r.l., la fase di selezione permette di distinguere il prodotto derivante dalla raccolta in due categorie: commerciabile e non commerciabile. In quest'ultima, rientrano tutti i prodotti che presentano difetti dovuti alla forma, ad eventuali sfregature meccaniche, generate dal casuale contatto tra due frutti o dall'impatto con agenti atmosferici che danneggiano il frutto, ed a tracce di cocciniglia. Tali prodotti, appunto non commerciabili, vengono destinati ad uso industriale ovvero venduti ad Agrumi-gel s.r.l. I prodotti non commerciabili rappresentano il 10-15% della produzione e tale percentuale varia in relazione alle condizioni ambientali ed atmosferiche.



**Fig.1 - Fasi del ciclo di lavorazione**



**Fig.2 - Fasi del ciclo di produzione delle risorse dei prodotti della Coa s.r.l. di Agrumi-gel s.r.l.**

**Fonte:** Elaborazione personale

La Fig. 2 consente, invece, di analizzare le attività con cui la Agrumi-gel s.r.l. valorizza le risorse che acquista dai propri fornitori, tra cui la Coa s.r.l. Attraverso la lavorazione degli scarti agrumicoli si valorizzano tali sottoprodotti allo scopo di evitare la generazione di eventuali rifiuti o ulteriori residui. In un'ottica di economia circolare, la Agrumi-gel s.r.l. realizza i propri prodotti finiti utilizzando ogni componente delle proprie materie prime; infatti, grazie alla produzione del succo naturale, estrazione del succo e la successiva separazione succo-polpa si ottengono scorze, polpa e succo depolpato, ovvero sottoprodotti per la realizzazione degli oli essenziali, succhi concentrati torbidi e succhi concentrati limpidi. La fase di produzione di oli essenziali genera, attraverso la pressatura della scorza e della polpa, ulteriori output tra cui: scorze di limone e di arance, che rappresentano i sottoprodotti per la realizzazione di pectina e materie prime per la zootecnica; l'impianto aziendale è dotato di una tramoggia dove le scorze prive di oli essenziali e succo vengono scaricate, sollevate tramite coclea, addizionate con calce idrata tramite un dosatore e tagliate per mezzo di un mulino a lame rotanti in pezzi da 10 mm; le acque derivanti dai processi di pressatura e le acque di lavaggio delle scorze di limone, nonché il liquor e le polpe provenienti dall'impianto di estrazione e depolpazione, vengono inviate all'impianto di distillazione dove, previa fermentazione in appositi silos di stoccaggio, sono avviate alla torre di distillazione per la produzione di bio-etanolo e borlanda. L'eccedenza di borlanda che non trova spazio sul mercato è inviata all'impianto di digestione anaerobica per la produzione di biogas. Tale impianto è, inoltre, alimentato dalle acque provenienti dal lavaggio della frutta, dei vari reparti e degli impianti. Il biogas ottenuto viene utilizzato in caldaia per la produzione di vapore o in un motore per la produzione di energia elettrica ed acqua calda (80-120 °C). La produzione giornaliera di biogas consente un sensibile recupero energetico (pari a 15.000 Kw termici/giorno); l'impianto permette così un recupero totale di energia [7].

#### 4. Vantaggi tecnico-economici

Entrambe le aziende ottengono benefici e vantaggi dalla realizzazione di una simbiosi industriale che, permette di sfruttare gli scarti generati dai diversi processi produttivi al fine di ottenerne una redditività economica. La Coa s.r.l. destina una percentuale che oscilla tra il 10 e il 15% della produzione annua all'azienda Agrumi-gel s.r.l., così da ricavarne i seguenti vantaggi [8]:

- un maggiore ricavo di vendita rappresentante, nella campagna 2015-2016, il 2% del fatturato;
- una riduzione dei costi ottenuta grazie al mancato smaltimento degli scarti in quanto quest'ultimi, se smaltiti, avrebbero generato un costo pari a 0,087 euro per ogni kg. A tale costo va poi sommato il costo opportunità generato dal mancato ricavo di vendita. I kg venduti ad Agrumi-gel s.r.l., nella campagna 2015-2016, sono stati pari a 1.822.250 kg che, moltiplicati per 0,087 euro, avrebbero determinato in termini di valore un costo smaltimento rifiuti pari a 158.535,75 euro interamente abbattuto dall'azienda;
- una riduzione dei rifiuti in quanto, gli scarti, grazie alla simbiosi industriale vengono immessi in un nuovo ciclo di produzione.

La sostenibilità ambientale è uno dei principali obiettivi dell'azienda Agrumi-gel s.r.l. che sfrutta ogni materia prima, al fine di ottenere un vantaggio in termini economici e altresì un impatto quasi nullo sull'ambiente. Ciò è possibile grazie all'attuazione di una serie di investimenti per la realizzazione di impianti di produzione di energia alternativa. Si punta ad ottenere una stabilizzazione dei costi di produzione relativi all'energia impiegata, realizzando così un importante risultato sull'ambiente ed un livello di autosufficienza energetica pari al 50%. È stato costruito un impianto fotovoltaico distribuito sulle coperture dei capannoni di produzione e in parte su un pergolato che funge da copertura degli spazi operativi, dove avviene lo scarico delle materie prime, in modo da avere una funzione di sicurezza nello svolgimento delle attività lavorative; l'impianto ha una capacità produttiva pari a 480 Kw/h che consente all'azienda di coprire il fabbisogno di energia elettrica per un totale del 30 % annuo. Parallelamente si è avuta la creazione di un co-generatore di energia elettrica, macchina alimentata con il biogas che viene autoprodotta dall'impianto di trattamento dei reflui e da gas metano. La sua capacità produttiva ammonta a 600 Kw/h di energia elettrica e, a 600 Kilocalorie per la produzione di acqua calda impiegata, sia per l'alimentazione della caldaia, sia per la produzione del vapore che viene utilizzato nei processi produttivi aziendali. Il vantaggio economico derivante da quest'ultimo investimento è quello di consentire ad Agrumi-gel di soddisfare il proprio fabbisogno energetico sino ad un massimo del 60 %.

In futuro, l'azienda mira a realizzare un altro pergolato che coprirà parte dello spazio tuttora libero dello stabilimento così da permettere di raggiungere un'autosufficienza complessiva pari al 100%. Tale intervento non riguarderà solo la produzione di energia elettrica, ma anche quella di incremento degli spazi di stoccaggio, a temperatura controllata (0/-24 °C), condizione necessaria per far fronte alle future prospettive di produzione dell'azienda analizzata. L'investimento programmato permetterà di incrementare di altri 2 milioni di kg la capacità di immagazzinamento raggiungendo così una capacità di stoccaggio pari a circa 7 milioni di kg di prodotto ad una temperatura di - 24 °C.

#### 5. Conclusioni

In questa ricerca è stato presentato un caso di simbiosi industriale applicato ad uno dei settori di punta dell'economia siciliana, quello della agrumicoltura; in particolare, si sono analizzate due aziende del settore, di dimensione medio piccole, quali esempi di verifica di applicabilità di economia circolare sul tessuto produttivo agricolo. Ciò è la chiave per dimostrare la possibilità per le imprese del settore primario di realizzare modelli efficaci dal punto di vista sociale, economico ed ambientale.

Questo nuovo approccio economico- ambientale offre alle imprese nuove opportunità di business, dando vita a sinergie eco-efficienti e reciprocamente convenienti, favorendo al contempo soluzioni di tipo win-win in cui tutti gli attori coinvolti possono trarre vantaggio dalle reciproche interazioni. Inoltre, tali sinergie si possono realizzare nella misura in cui le imprese sono in grado di ottenere (o fornire) materie prime secondarie ed energia a prezzi più convenienti rispetto alle materie prime.

### **Bibliografia**

- [1] Fava F., *Simbiosi Industriale In Italia*, in atti del XVII Convegno “Green economy: ricerca, innovazione e simbiosi industriale”, Rimini, 06-09 novembre 2013, p. 11.
- [2] Morselli L., Ciacci L., Passarini F., Vassura I., *Simbiosi Industriale*, in atti del XVII Convegno “Green economy: ricerca, innovazione e simbiosi industriale”, Rimini, 06-09 novembre 2013, p. 162.
- [3] <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/EAI/anno-2012/verso-la-green-economy/ruolo-della-simbiosi-industriale-per-la-green-economy>
- [4] <http://www.distrettoagrumidiscicilia.it/>
- [5] <http://www.distrettoagrumidiscicilia.it/distrettoTrasformiamo+le+produzioni+di+qualit%C3%A0-32-1.asp>
- [6] <http://www.italiafruit.net/DettaglioNews/33362/la-categoria-del-mese/focus-agrumi-produzioni-superfici-import-export-consumi-piu-ombre-che-luci>
- [7] Agrumi-gel, *Agrumi-gel s.r.l - Relazione tecnico industriale*, aprile 2016, pp. 1-17.
- [8] Coa s.r.l., Statistiche di vendita all'industria dal 01/11/2015 al 31/08/2016, settembre 2016, Scordia (CT).

# La dichiarazione ambientale di prodotto quale strumento attuativo del paradigma della economia circolare nel settore della bioedilizia

Enrico Suriano (1), *Agata Matarazzo* (1) [amatara@unict.it](mailto:amatara@unict.it), Melissa Giarrizzo (1),  
Vincenzo Guadagnuolo (2), Alberto Bertino (2)

(1) Università degli Studi di Catania- Dipartimento Economia e Impresa,  
Catania

(2) Acciaierie di Sicilia spa - Catania

## Abstract

*Il mercato della bioedilizia e della sostenibilità delle costruzioni rappresenta un settore strategico fondamentale all'interno della economia circolare, ove viene ritenuta centrale la valutazione delle caratteristiche di prodotti ed edifici nel loro intero ciclo di vita, al fine di contenere i costi realizzativi e di minimizzare gli sprechi di materia ed energia. Di conseguenza, il mondo della produzione di materiali da costruzione denuncia l'esigenza sempre più pressante di chiarezza in merito non solo a metodi e criteri di valutazione della qualità ambientale di prodotti e manufatti, ma anche alle procedure nazionali per la certificazione dei requisiti di sostenibilità e di rilascio di etichette ambientali di tipo III o EPD (Environmental Product Declaration), schema di certificazione volontaria di valenza internazionale, individuata dalla ISO 14020 e definita dalla ISO 14025. Questo paper presenta l'azienda Acciaierie di Sicilia, leader del settore delle costruzioni biosostenibili, che può fregiarsi della etichetta ambientale presentata, applicata in un nuovo acciaio eco-sostenibile, che assicura più elevate prestazioni in termini qualitativi ed ambientali, garantendo a progettisti e utilizzatori sia superiori caratteristiche meccaniche in termini di duttilità, ai fini del comportamento antisismico delle strutture, sia precise e certificate caratteristiche ambientali del prodotto per l'edilizia sempre più "ecosostenibile".*

## Summary

*This paper presents the company Acciaierie di Sicilia, leader of bioenvironmental construction industry, which achieved the environmental label Environmental Product Declaration (EPD), as ISO 14025, applied to a new eco-sustainable steel, which ensures higher performance in quality and environmental terms, ensuring that designers and users both superior mechanical characteristics in terms of ductility, for the purposes of seismic performance of the structures, both precise and certified environmental characteristics of the product for the building always more "environmentally friendly".*

## 1. Introduzione

Nell'ambito della progettazione eco-compatibile, le aziende devono studiare, sviluppare e creare nuovi articoli utilizzando materiali di base già disponibili come materia prima seconda,

ricavata da un processo di recupero di rifiuti e di materiale non vergine, cercando allo stesso tempo di impiegare un numero minimo di componenti per facilitarne lo smontaggio a fine ciclo di vita. Ciò implica la scelta di fornitori di materie prime che già operano secondo il principio di eco-compatibilità con prodotti marcati PEFC o FSC per materiali legnosi oppure utilizzano materiali che hanno ottenuto la Dichiarazione ambientale di prodotto finito. Questo implica impiegare nei processi energie rinnovabili e sistemi di produzione che riducano al massimo lo spreco, ottimizzando tempi di produzione ed energia impiegata [1]. Significa inoltre riduzione o azzeramento dei processi che prevedono lavorazioni inquinanti, ottimizzazione degli imballaggi con uso di materiali riciclati e/o riciclabili ed attraverso una riduzione degli stessi, miglioramento dei trasporti raggruppando quanti più commesse possibili per singole consegne e destinazioni.

In quest'ottica, il paper esamina i contenuti della dichiarazione ambientale di prodotto applicata alle barre di acciaio e alle bobine di calcestruzzo prodotte da un'azienda operante nel settore degli acciai, sita in Catania, Sicilia orientale. L'alta capacità di produzione, l'innovazione tecnologica applicata al processo e al prodotto hanno fatto in modo di far divenire l'azienda leader nel settore, nei mercati del Sud - Mediterraneo [2].

## 2. La Dichiarazione Ambientale di Prodotto

La Dichiarazione Ambientale di Prodotto è un documento sintetico che disegna un semplice profilo delle prestazioni ambientali di un prodotto/servizio e che permette di comunicare informazioni oggettive, confrontabili e credibili, senza esprimere criteri di valutazione, preferibilità o livelli minimi da rispettare. È un utile esempio di *green marketing* poiché il cliente è messo nella posizione di compiere una scelta consapevole e correttamente informata all'atto d'acquisto; di recente, anche la Commissione Europea lo ha caldeggiato tra gli strumenti innovativi in grado di potenziare le capacità dei produttori e dei consumatori verso scelte sostenibili, inserendolo tra le politiche ambientali mirate a prevenire, gestire e migliorare gli impatti del ciclo di vita dei prodotti e dei servizi. Anche in Italia si è così aperta la fase di sviluppo e di lancio di una strategia nazionale coerente con le indicazioni comunitarie in materia di produzione e consumo ecosostenibile, oggi strumenti essenziali da adottare per le aziende che desiderano posizionarsi in mercati maggiormente sensibili alle criticità ambientali. Fra i diversi schemi disponibili, meritano particolare attenzione i "label del terzo tipo dell'ISO 14025", che offrono ad organizzazioni di qualunque settore di predisporre, far convalidare ed utilizzare una "dichiarazione ambientale di prodotto" (Environmental Product Declaration – EPD) come efficace strumento di valutazione e comunicazione delle prestazioni ambientali di un output, che tenga conto di tutto il suo ciclo di vita. Il sistema di convalida della EPD, sviluppato in Svezia, è molto diffuso nel territorio dell'UE, adatto a qualunque tipologia di organizzazione, indipendentemente dalla localizzazione, dimensione e tipologia di processo produttivo. L'azienda deve applicare alcune regole fissate dalle norme ISO, tra cui l'analisi del ciclo di vita del proprio prodotto e le cosiddette PCR-Product Category Rules, quantificando alcuni indicatori di performance ambientale, fra cui il consumo di energia, produzione di rifiuti, il recupero del prodotto o di sue componenti. L'organizzazione deve sottoporre la propria EPD ad un verificatore opportunamente accreditato, che ne convalidi la veridicità e ne porti avanti la registrazione, con validità triennale, che servirà all'azienda come efficace strumento di comunicazione e marketing, in grado di accompagnare il prodotto di cui si vogliono valorizzare i vantaggi ambientali anche in un'ottica di pubblicità comparativa con i principali competitors [3]. In ambito di prodotti da costruzione, i fornitori di materiali e semilavorati del settore dell'edilizia sono chiamati a rispondere a nuovi requisiti ambientali sviluppati approcciando agli edifici in un'ottica di completo ciclo di vita della struttura; in un simile quadro evolutivo, l'attestazione di parte terza dell'EPD diventa così uno strumento centrale in chiave di competizione nel settore [4]. In particolare, l'acciaio, disponibile in grandi quantità

a partire dal XIX secolo, ha rappresentato una svolta nel settore dell'architettura. Composto prevalentemente da una lega di minerali di ferro e carbonio, può vantare uniche caratteristiche di resistenza, tanto da venire utilizzato insieme agli altri materiali da costruzione, per assorbitarne le tensioni di trazione nei sistemi costruttivi misti. Esso è adatto ad una molteplicità di applicazioni: da componenti per strutture private a componenti di arredo urbano [5]. La funzionalità dell'acciaio ne fa un materiale competitivo per qualsiasi tipo di realizzazione, dalla magnificenza di grandi opere infrastrutturali, alla competitività ed all'immagine che lascia in dote ai progetti. Obiettivo di questo lavoro è analizzare il ciclo produttivo di una azienda leader del settore delle costruzioni ecosostenibili, che può fregiarsi della etichetta ambientale presentata, applicata in particolare ad un nuovo acciaio eco-sostenibile, che assicura più elevate prestazioni in termini qualitativi ed ambientali.

### **3. L'azienda Acciaierie di Sicilia s.p.a.**

L'azienda Acciaierie di Sicilia s.p.a., parte del gruppo Alfa Acciai dal 1998, costituisce l'unica acciaieria presente sull'Isola; con una capacità produttiva di circa 500.000 tonnellate/anno di tondo per cemento armato in barre e rotoli, ottenuto attraverso l'elettrofusione di rottame ferroso di esclusiva provenienza siciliana, questa importante realtà produttiva occupa complessivamente 200 persone. Grazie alle dimensioni raggiunte, alla tecnologia impiegata ed ai propri prodotti, l'azienda si colloca in posizione di rilievo nel panorama siderurgico europeo e rappresenta per il Gruppo Alfa Acciai il riferimento naturale per il mercato dell'Italia meridionale ed insulare.

Per fronteggiare la crisi del settore, particolarmente grave in Sicilia a causa del rallentamento degli investimenti in opere pubbliche e dell'entrata di materiale estero di provenienza extracomunitaria, Acciaierie di Sicilia ha avviato un piano di investimenti significativo, orientato principalmente all'incremento dell'efficienza produttiva ed organizzativa, oltre al raggiungimento di elevate performance ambientali, facendo dell'eco-compatibilità e della sostenibilità due tra i principali obiettivi del proprio sviluppo per la contemporanea competizione industriale. Conseguenza di questi ingenti investimenti è stata la definizione di un nuovo acciaio eco-sostenibile, denominato con la sigla B450C S, dove la sigla "S" indica la sostenibilità del prodotto che assicura più elevate prestazioni in termini qualitativi ed ambientali. Rispetto infatti a quanto già previsto dalle norme di Legge (DM 14/1/2008 – Testo Unico sulle Costruzioni) [6], il nuovo acciaio delle Acciaierie di Sicilia garantisce a progettisti ed utilizzatori sia superiori caratteristiche meccaniche in termini di duttilità, ai fini del comportamento antisismico delle strutture, sia precise e certificate caratteristiche ambientali del prodotto per l'edilizia sempre più "ecosostenibile". In tale direzione si è spinta anche la Regione Siciliana che, tra le applicazioni del così detto "piano casa", ha emanato nel mese di luglio 2010 un decreto che prevede e premia l'utilizzo di materiali ecosostenibili negli interventi edilizi [7]. Il prodotto B450C S soddisfa ampiamente i requisiti di tale norma, grazie all'indicazione del materiale riciclato contenuto ed all'etichetta ambientale EPD, che certifica il basso impatto ambientale necessario per la produzione dell'acciaio medesimo. In particolare, la Dichiarazione Ambientale di Prodotto di Acciaierie di Sicilia rappresenta il primo caso di applicazione in Europa, all'interno di una realtà siderurgica che produce acciaio per cemento armato.

Nella figura 1 si mostra il diagramma di flusso delle attività produttive dell'azienda atte a ottenere il prodotto B450C S.



Fig.1 – Diagramma di flusso dei processi produttivi aziendali

#### 4. La Dichiarazione Ambientale di Prodotto applicata alle barre di acciaio e alle bobine di calcestruzzo

Al fine di ottenere l'EPD secondo la norma EN15804:2014 [8], l'azienda ha predisposto, realizzato e verificato uno studio di tipo Life Cycle Assessment (LCA) applicato alle attività di produzione, laminazione e distribuzione dell'acciaio in tondi; è stato considerato il processo che permette di ottenere acciai per calcestruzzo armato partendo da rottame ferroso, prodotto presso lo stabilimento Acciaierie di Sicilia sito nella zona industriale di Catania. I risultati valutano ogni contributo derivante dall'uso di materiali e di energia connessi alle attività di produzione secondo le caratteristiche tecnologiche proprie dell'azienda, quantificandone le emissioni ed i rilasci diretti e indiretti nell'ambiente e simulando l'andamento di tali parametri al variare della durata prevedibile nei diversi casi. Lo studio LCA è finalizzato alla predisposizione della dichiarazione ambientale di prodotto, in accordo al sistema internazionale EPD. Lo studio considera ogni operazione necessaria all'interno del sistema produttivo per garantire produzione e distribuzione, a partire dall'estrazione delle materie prime e/o dal recupero delle materie prime secondarie, passando per la loro trasformazione, il successivo trasporto, e spedizione, nonché la consegna di una unità funzionale di acciaio laminato a caldo, pronta per l'installazione. Oggetto di questo studio è la produzione di manufatti in acciaio per calcestruzzo armato ad alta duttilità attraverso due processi principali: la fusione del rottame in forno elettrico ad arco e la laminazione a caldo del prodotto ottenuto. In particolare, l'impianto è costituito da: un parco rottame, una sezione di prelaborazione del rottame di ingresso, una sezione di separazione della carica, una linea di fusione e una linea di trattamento dei fumi ed infine linee di trasformazione in prodotti finiti lunghi.

Come unità funzionale è stata scelta una tonnellata di materiale laminato a caldo trasportato dallo stabilimento ai siti di utilizzo. Il processo produttivo considerato parte dalla produzione delle materie prime e dei semilavorati utilizzati, comprende la produzione ed il trasporto del prodotto finale ed i trasporti intermedi coinvolti. I processi considerati comprendono: A1-UPSTREAM Module: le prelaborazioni del rottame prima di essere utilizzato, sia internamente che esternamente allo stabilimento attraverso la frantumazione in un mulino e il trattamento in un separatore per metalli; in questa fase viene contabilizzata anche l'energia utilizzata durante il processo produttivo, cioè la generazione di energia elettrica, vapore e calore. A2 e A3-CORE Module: tutte le operazioni relative alla produzione dell'acciaio per calcestruzzo armato, dall'approvvigionamento delle materie prime sino alla loro trasformazione in pro-

dotto finito, inclusi i trasporti e le attività accessorie dell'azienda; vengono analizzate pure le emissioni in aria ed acqua, i rifiuti derivanti dal processo e le eventuali attività di smaltimento. A4 - DOWNSTREAM PROCESS: trasporto del prodotto finito dallo stabilimento ai siti di conferimento o di utilizzo. Nella tabella 1 viene mostrato la tipologia input sottoforma di materie prime, sostanze ed energia necessarie per le fasi di produzione in acciaieria (prodotto finale billette) e laminazione a caldo (prodotto finale barre e rotolo) e la relativa tipologia di energia consumata. Nella tabella 2 si presentano le tipologie di emissioni in aria, acqua e rifiuti derivanti dai vari processi produttivi interni all'azienda, mentre nella tabella 3 si evidenzia la tipologia di trasporto per commercializzazione del prodotto finito nelle relative destinazioni nazionali ed estere. Si sottolinea come i dati sono stati verificati direttamente in azienda al fine di garantirne maggiore affidabilità e rappresentatività.

| <b>Materie prime in ingresso</b>                         |  | <b>Materiali ausiliari impiegati in azienda</b>                            |  |
|--|--|--|--|
| <b>Sostanza</b>  |  | <b>Materiale</b>   |  |
| Rottame (totale) (t)                                     |  | Ossigeno (Kg)  |  |
| Rottame prelaborato da servizi industriali (interno) (t) |  | Lubrificanti (Kg)  |  |
| Rottame prelav. Esternamente (t)                         |  | Refrattari (Kg)  |  |
| Ghisa (t)  |  | Argon (m <sup>3</sup> )  |  |
| Ferroleghe (t)   |  | Acqua da rete (m <sup>3</sup> )  |  |
| (Fe - Si - Mn) (t)                                       |  | Azoto (m <sup>3</sup> )  |  |
| (Fe - Si) (t)  |  | Propano (m <sup>3</sup> )  |  |
| Calce (t)  |  |  |  |
| Coke (Kg)  |  | <b>Energia consumata in azienda</b><br>Gas naturale (m <sup>3</sup> /anno) |  |
| Antracite (Kg)   |  |  |  |
| Elettrodi di fusione (Kg)                                |  | Elettricità della rete (KWh/anno)  |  |
| Rottame da ricicli interni (t)                           |  |  |  |
| Billette per fase laminazione (t)                        |  | Gasolio non trasporti esterni (l/anno)                                     |  |

**Tab. 1** – *Tipologia input per Acciaieria (prodotto finale billette) e per Laminazione a caldo (prodotto finale Barre e rotolo)*

| <b>Emissione in aria totali</b> |                     | <b>Emissioni in acqua (dopo trattamento)</b> |              | <b>Rifiuti</b>                                    |
|---------------------------------|---------------------|--|--------------|---|
| <b>Sostanza</b>                 | <b>Unità</b>        | <b>Sostanza</b>                              | <b>Unità</b> | <b>Non pericolosi</b>                             |
| Alluminio                       | mg / m <sup>3</sup> | COD  | mg / l       | Scorie non trattate                               |
| Cadmio                          | mg / m <sup>3</sup> | BOD  | mg / l       | Rifiuti misti di costruzione e demolizione        |
| Cromo totale                    | mg / m <sup>3</sup> | Solidi Sospesi Totali                        | mg / l       | App. elettriche ed elettroniche                   |
| Cromo VI                        | mg / m <sup>3</sup> | Sostanze organiche                           | mg / l       | Assorbenti, materiali filtranti diversi da 150202 |
| Ferro                           | mg / m <sup>3</sup> | Zn   | mg / l       | Toner esauriti                                    |

*Segue*

| Emissione in aria totali   |                      | Emissioni in acqua (dopo trattamento) |        | Rifiuti   |
|--|----------------------|---------------------------------------|--------|---|
| Sostanza   | Unità                | Sostanza                              | Unità  | Non pericolosi                                    |
| Manganese  | mg / m <sup>3</sup>  | Fe                                    | mg / l | Imballi in materiali misti                        |
| Mercurio   | mg / m <sup>3</sup>  | Ni                                    | mg / l | imballaggi in legno                               |
| Nichel   | mg / m <sup>3</sup>  | Cu                                    | mg / l | Residui refrattari                                |
| Piombo   | mg / m <sup>3</sup>  | Piombo                                | mg / l | Scaglie di laminazione                            |
| Polveri totali   | mg / m <sup>3</sup>  | Cromo                                 | mg / l | rame, bronzo ottone                               |
| Rame   | mg / m <sup>3</sup>  | Cadmio                                | mg / l | cavi diversi da quelli cui alla voce 170410       |
| CO <sub>2</sub>  | t /anno              | Manganese                             | mg / l |   |
| NO <sub>x</sub>  | mg / m <sup>3</sup>  |                                       |        |   |
| SO <sub>x</sub>  | mg / m <sup>3</sup>  |                                       |        |   |
| HCl  | mg / m <sup>3</sup>  | Nitrito                               | mg / l | <b>Pericolosi</b>                                 |
| HF   | mg / m <sup>3</sup>  | Nitrato                               | mg / l | Rifiuti solidi derivanti dal trattamento dei fumi |
| Portata fumi totale (m <sup>3</sup> /periodo)                      | m <sup>3</sup> /anno | Cloruro                               | mg / l | Emulsione oleosa                                  |
| Portata fumi specifica (m <sup>3</sup> /h)                         | m <sup>3</sup> /h    | Solfato                               | mg / l | Assorbenti e stracci                              |
| Ore stimate di funzionamento (h/ periodo)                          | h/anno               | Fosforo totale                        | mg / l | Apparecchiature elettriche ed elettroniche        |
| Portata d'acqua totale trattata e scaricata (m <sup>3</sup> /anno) |                      | Azoto totale                          | mg / l | Altri oli per motori                              |
| Portata d'acqua specifica (m <sup>3</sup> /h)                      |                      | Cianuri totali                        | mg / l | Filtri olio                                       |
| Ore stimate di funzionamento (h/anno)                              |                      | IPA                                   | mg / l | Neon e tubi con mercurio                          |
| Portata d'acqua totale trattata e scaricata (m <sup>3</sup> /anno) |                      | Composti organostannici               | mg / l | Fanghi per le fosse asettiche                     |

**Tab. 2** – Tipologia di emissioni in diversi comparti per Acciaieria (prodotto finale billette) e per Laminazione a Caldo (prodotto finale Barre e Rotolo)

| Destinazione             | Tipologia trasporto (treno, nave, strada, misto) | Destinazione               | Tipologia trasporto (treno, nave, strada, misto) |
|--------------------------|--|----------------------------|--|
| Italia                   |  | Estero                     |  |
| <i>billette</i>          | camion   | <i>Rocchettato Malta</i>   | misto  |
| <i>tondo rocchettato</i> | camion   | <i>Rocchettato Tunisia</i> | misto  |
| <i>tondo in barre</i>    | camion   | <i>Barre Algeria</i>       | misto  |
|                          |  | <i>Barre Malta</i>         | misto  |

**Tab. 3** – Tipologia di trasporto per commercializzazione del prodotto finito

## 5. Risultati e Vantaggi

Le tipologie di input e di output presentate nelle tabelle precedenti sono state accuratamente quantificate ed hanno portato i seguenti risultati secondo le diverse categorie di impatto ambientale: acidificazione (unità equivalente kg SO<sub>2</sub>) risulta essere la categoria di impatto ambientale maggiormente significativa, a cui segue il riscaldamento globale espresso in termini di kg CO<sub>2</sub> eq., quindi eutrofizzazione delle acque espresso in kg PO<sub>4</sub> eq. ed infine l'ossidazione fotochimica espressa in kg etilene eq., mentre nulle appaiono le categorie inerenti la distruzione delle risorse fossili e degli elementi abiotici [9]. Si evidenzia, così, come il maggiore danno venga determinato in atmosfera piuttosto che nelle risorse idriche.

Secondo i manager aziendali, l'ottenimento dell'EPD, conseguito con un costo pari a 7000 euro, offre ai clienti un'immagine "green", capace di attrarre quote di mercato di clientela maggiormente eco-sensibile; inoltre, applicando e quantificando in modo continuo gli indicatori previsti, l'EPD diventa un efficace strumento di controllo e monitoraggio continuo delle diverse fasi del processo produttivo, consentendo al contempo di tenere sotto osservazione le performance ambientali nel rispetto delle normative cogenti di settore. Infine, tale marchio concretizza in modo efficace la reale attuazione all'interno di un ciclo produttivo altamente impattante ed energivoro, quale quello della produzione di acciaio, di uno strumento attuativo di economia circolare.

## 6. Conclusioni

Considerando che l'edilizia, tra i settori produttivi, è quello a maggior impatto ambientale, appare molto importante l'utilizzo di materiali che hanno la duplice funzione di evitare il consumo di materia prima vergine di origine estrattiva e di rispondere ai canoni del *Green Building*. L'attendibilità di certificazioni come l'EPD costituisce un elemento distintivo nel campo dell'edilizia sostenibile e diventa sempre più strumento di comunicazione ai consumatori più attenti alle tematiche di sostenibilità ambientale [10]. Infine l'EPD può rappresentare un valido strumento di supporto alle decisioni in mano al management al fine di attuare azioni che tutelino maggiormente l'impatto ambientale durante tutte le fasi del ciclo produttivo, cercando di applicare appropriate azioni di recupero di rifiuti e di smaltimento.

## Bibliografia

- [1] TALIN SPA, *ISO 14021-Dichiarazione Ambientale di Prodotto- introduzione*, 2012, pp.1-3.
- [2] EPD, *Hot-rolled reinforcing steel for concrete in bars and coils*. Acciaierie di Sicilia, 2015, pp.1-15.
- [3] DEL BORGHI A.- IRALDO F.-BALDO G.L.-FIESCHI M., *Dichiarazione Ambientale di Prodotto: la sostenibilità in chiave competitiva*, in "Ambiente & Sicurezza", n.16, agosto 2007, pp.19-23.
- [4] SGS, *Migliorare la competitività dei propri prodotti nel settore costruzioni attraverso la UNI 15804*, Milano dicembre 2014.
- [5] Antinori M., *Acciaio amico della vita. Sostenibilità, architettura e acciaio*, in <http://www.publitedonline.it/>, luglio 2014.
- [6] D.M. 14 gennaio 2008, *Norme tecniche per le costruzioni*, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 (S.O. n. 30).
- [7] L.R. 23 marzo 2010, n. 6, *Norme per il sostegno dell'attività edilizia e la riqualificazione del patrimonio edilizio*, Pubblicata sulla G. U. Reg. Sicilia 26 marzo 2010, n. 14.
- [8] UNI EN 15804:2014, *Sostenibilità delle costruzioni-Dichiarazioni Ambientali di Prodotto-Regole quadro di sviluppo per categorie di prodotto*.
- [9] Acciaierie di Sicilia, *Environmental Product Declaration as per ISO 14025 and EN 15084. Hot-rolled reinforcing steel for concrete in bars and coils*, 2012, pp. 1-15
- [10] Mari M., Massalin A., Pinoli M., Cambiaso G., *Riciclo e recupero di materia nel settore dei materiali da costruzione come referenza di sostenibilità. Esperienze di applicazione, certificazione, comunicazione*, in Atti del convegno "Green economy: ricerca, innovazione e simbiosi industriale", Rimini, 6-9 novembre 2013, pp. 101-107.

# Valutazione economica dei percorsi di simbiosi industriale per la valorizzazione dei residui agro-industriali

*Marina Moretti [marina\\_moretti88@yahoo.it](mailto:marina_moretti88@yahoo.it), Università degli studi Roma Tre, Grazia Barberio, Enea, Maria Claudia Lucchetti, Università degli Studi Roma Tre*

## Riassunto

*Lo scopo di questo lavoro è stato di condurre una valutazione sulla convenienza economica del potenziale percorso di simbiosi tra aziende del settore agro-industriale. Il lavoro è stato svolto in collaborazione con ENEA e ha visto l'implementazione dei dati quantitativi, normativi, tecnici e ambientali in relazione ai flussi delle sinergie già individuate e raccolte nell'ambito del progetto ENEA "Ecoinnovazione Sicilia" con dati economici.*

## Summary

*The purpose of this article is to conduct an evaluation on the potential economic convenience of the industrial symbiosis among companies of the agro-industrial sector. The article has been written in collaboration with ENEA and it concerns the implementation of the quantitative data, regulatory, technical and environmental flows in relation to the synergies already identified and collected as part of the ENEA project "Eco-innovation Sicily" with economic data.*

## 1. Introduzione

Questo articolo ha come obiettivo la valutazione economica di scarti provenienti dal settore agro-industriale che possano essere valorizzati, recuperati e riutilizzati attraverso l'attuazione di potenziali sinergie di simbiosi industriale. La simbiosi industriale si pone tra gli strumenti di eco-innovazione sistemica per la valutazione della sostenibilità di prodotti e tecnologie, in linea con la realizzazione di un percorso verso un modello di economia circolare e di Green Economy.

Nel momento in cui il modello economico dominante ha prodotto devastazioni ambientali e sociali di portata molto significativa, il dibattito sulla Green Economy diventa sempre più utile, interessante e stimolante [1]. La sfida della Green Economy è quella di superare il vecchio modello economico basato sullo sfruttamento di risorse naturali e sulla scarsa attenzione agli impatti ambientali, riconoscendo i limiti del pianeta, quali confini di una nuova visione basata su un uso sostenibile delle risorse e su una riduzione drastica degli impatti ambientali e sociali. Il passaggio alla Green Economy implica la capacità di innovare non solo cicli produttivi e consumi ma anche approcci culturali e stili di vita. Questo si può realizzare tramite lo sviluppo e la messa in pratica dell'eco-innovazione ovvero dell'innovazione che tiene conto non solo del profilo economico, ma anche delle dimensioni sociale e ambientale come componenti imprescindibili dello sviluppo sostenibile [2]. L'eco-innovazione si pone come strumento prioritario per guidare la transizione da "economia lineare" a "economia circolare". Nei sistemi di economia circolare i prodotti mantengono il loro valore aggiunto il più a lungo possibile e

non ci sono rifiuti. Quando un prodotto raggiunge la fine del ciclo di vita, le risorse restano all'interno del sistema economico, in modo da poter essere riutilizzate più volte a fini produttivi e creare così nuovo valore. Pertanto, l'innovazione nei mercati dei materiali riciclati, nuovi modelli imprenditoriali, la progettazione ecocompatibile e la simbiosi industriale possono permettere di passare a una società e a un'economia a "rifiuti zero" [3]. La simbiosi industriale rappresenta una strategia per la chiusura del ciclo delle risorse che coinvolge industrie tradizionalmente separate, per filiera e ambito produttivo, con un approccio integrato finalizzato a promuovere vantaggi competitivi attraverso lo scambio di materia, energia, acqua e/o sottoprodotti [4]. Tra gli aspetti chiave che consentono il realizzarsi della simbiosi industriale ci sono la collaborazione tra imprese e le opportunità di sinergia disponibili in un certo ambito territoriale. In senso più ampio, con simbiosi industriale si intende il coinvolgimento di industrie tradizionalmente separate e altre organizzazioni in una rete per promuovere strategie innovative per un uso più sostenibile delle risorse (compresi i materiali, energia, acqua, risorse, competenze, logistica ecc.). Attraverso la rete, quindi, vengono identificate opportunità di business reciprocamente vantaggiose ed innovative e le organizzazioni condividono buone pratiche e conoscenze, innescando cambiamenti di processo e culturali.

## **2. Il progetto Ecoinnovazione Sicilia**

Il Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali (RISE) dell'ENEA ha realizzato la prima Piattaforma Italiana di Simbiosi Industriale nell'ambito del progetto Ecoinnovazione Sicilia [5].

Tale progetto, iniziato nel maggio 2011 e finanziato dal MIUR nell'ambito della Legge Finanziaria 2010 [6], ha previsto una serie di attività, realizzate nella Regione Sicilia, e sostanziate da accordi tra ENEA e Confindustria Sicilia che includono azioni di ricerca, sviluppo, promozione, realizzazione di strumenti tecnologici e metodologici focalizzati su alcuni settori produttivi

L'implementazione della Simbiosi Industriale in Sicilia ha visto lo svolgimento di tavoli di lavoro operativi con un forte coinvolgimento delle imprese del territorio che hanno condiviso le informazioni relative alle proprie risorse input e output. A seguito della raccolta ed elaborazione dei dati sono state individuate potenziali sinergie tra le aziende [7][8]. In particolare, per il settore analizzato in questo lavoro, i ricercatori ENEA hanno individuato delle possibili sinergie fra aziende produttrici di scarti agro-alimentari e aziende potenzialmente interessate a ricevere questi scarti come input nei loro impianti, per trasformati e valorizzarli in prodotti finiti. Gli impianti scelti sono quelli di compost, pirolisi, biogas-mangime.

### *2.1. La raccolta dei dati per la valutazione economica dei residui*

Partendo dalle sinergie individuate, in questo lavoro sono stati poi raccolti dati di tipo economico. Sono state così effettuate indagini di mercato per verificare se gli scarti classificati nelle varie sinergie avessero effettivamente un valore economico in confronto con i costi per lo smaltimento (Tab.1) e sono state effettuate indagini per reperire i dati reali delle aziende coinvolte nel progetto Ecoinnovazione Sicilia al fine di effettuare poi una valutazione sulla convenienza economica del percorso di simbiosi.

Gli scarti in questione sono: pastazzo di agrumi [9], ortofrutta [10], vinacce [11], feccia, sansa [12], potature vigneti e uliveti [13], fango biologico da reflui, scarti da lavorazione di pesce, resi commerciali di latte, panna, formaggio in scadenza/scaduti, siero da latte pastorizzato [14], scarti organici di lavorazione alimentare (pasta, riso etc.), oli vegetali esausti [15], scarti da giardinaggio e scarti di mensa.

| Descrizione scarti  | Valore economico scarti         | Costi per smaltimento |
|---|---------------------------------|-----------------------|
| pastazzo di agrumi  | 15 €/t limoni<br>2,5 €/t arance | 30 €/t                |
| Ortofrutta  | 4,1 €/t                         | 71,65 €/t             |
| Vinacce   | 22 €/t                          |                       |
| Feccia  | 45 €/t                          |                       |
| sansa   | 120-140 €/t                     | 70/t                  |
| potature vigneti e uliveti                                      | 30 €/t                          | 60 €/t                |
| fango biologico da reflui                                       | 100 v/t                         | 65 €/ t               |
| scarti da lavorazione di pesce                                  |                                 | 133,07 €/t            |
| resi commerciali di latte, panna, formaggio in scadenza/scaduti |                                 | 133,07 €/t            |
| siero da latte pastorizzato                                     | 8 €/t                           | 133,07 €/t            |
| scarti organici di lavorazione alimentare (pasta,riso etc)      |                                 | 71,65 €/t             |
| oli vegetali esausti  | 0                               | 0                     |
| scarti da giardinaggio  | 30 €/t                          | 60 €t                 |
| scarti di mensa   |                                 | 79,1 €/t              |

**Tab. 1** – Valore economico e costi per lo smaltimento dei residui agroindustriali

Dall'analisi della tabella emerge che i residui agroindustriali possiedono un valore economico tale da rappresentare un beneficio per l'imprenditore che decida di convogliarli verso impianti per la trasformazione invece che in discarica. È stata inoltre realizzata un'indagine per valutare il mercato dei prodotti (compost [16], mangime, syngas [17], biochar [18], olio pirolitico, biogas [19]) ottenuti dalla lavorazione di questi residui (Tab.2)).

| Prodotti               | Valore economico   |
|------------------------|--------------------|
| <b>Compost</b>         | 5-8 €/t            |
| <b>Mangime</b>         | 280 €/t            |
| <b>Syngas</b>          | 280 €/MW           |
| <b>Biochar</b>         | 356,6 €/t          |
| <b>Olio pirolitico</b> | non quantificabile |
| <b>Biogas</b>          | 280 €/MW           |

**Tab. 2** – Valore economico dei prodotti della trasformazione

Ogni scarto possiede una propria specificità, sia tecnica che normativa, che ne permette il riutilizzo. Attraverso le interviste telefoniche è emerso che:

- il riutilizzo di vinacce, feccia e sansa sul campo, ipotizzando una resa del 25%, rimane privilegiato in quanto il risparmio sul costo dei fertilizzanti è di circa 75 €/t.

- Gli scarti derivanti uva da tavola vengono venduti a imprese produttrici di vino e distillati che versano circa 150 €/t. Per quanto riguarda gli agrumi, la parte non destinata alla vendita diretta viene conferita a industrie che trasformano la materia prima in succhi di frutta, mentre la scorza viene lavorata e vengono estratti oli essenziali. Le industrie di trasformazione comprano gli agrumi a circa 150 €/t. L'andamento del prezzo riflette la stagione nonché la domanda delle imprese. Qualche centesimo in più viene ricavato dalle arance rosse.

- Le potature di vigneti e uliveti sono tradizionalmente bruciate in campo oppure i sarmenti sono trinciati e interrati, andando a costituire fonte di sostanza organica e di elementi nutritivi naturali provenienti da lenta mineralizzazione.

- Il fango biologico da reflui viene invece inviato alle industrie per il compostaggio. L'imprenditore ricava circa 100 €/t per il fango conferito.

- Il siero da latte viene destinato all'alimentazione zootecnica e venduto a circa 8 €/t, mentre i resi vengono convogliati verso le industrie per la trasformazione. Il prezzo viene determinato in base a un listino.

- Gli oli esausti vengono conferiti al CONOE (Consorzio nazionale di raccolta degli oli e grassi vegetali e animali esausti).

- Gli scarti ittici e quelli da ortofrutta sono in condizioni tali da non poter essere riutilizzati.

- L'azienda che produce il compost quale attività secondaria ha dichiarato di acquistare gli scarti da potatura a 25 €/t, il siero da latte a 8 €/t e i fanghi da depurazione a 60 €/t. Il compost viene rivenduto agli agricoltori locali a un prezzo che varia fra i 5 e gli 8 €/t.

- L'impianto di pirolisi è un impianto pilota. Il proprietario ha dichiarato di voler acquistare vinaccia, feccia e sansa a 40 €/t. I prodotti della pirolisi costituiti da olio pirolitico, biochar e syngas avranno un mercato separato. Il biochar verrà venduto a circa 350 €/t; l'energia prodotta dal syngas a 280 €/MW mentre dall'olio pirolitico verranno estratti solamente dei componenti precursori dei biopolimeri.

- L'industria di trasformazione che possiede anche un impianto di biogas e mangime ha dichiarato di acquistare gli agrumi non destinati alla vendita a circa 150 €/t.

- L'impianto di biogas è in autoproduzione e, qualora l'imprenditore decidesse di immettere il biogas sul mercato, quest'ultimo avrebbe un valore di 0,39 €/mc.

È stato altresì realizzato un potenziale scenario di simbiosi fra le aziende che mettono a disposizione i loro residui agroindustriali e i tre impianti: compost, biogas-mangime e pirolisi. Le possibili sinergie individuate sono state 10 (Tab.3). In alcuni casi lo scambio sembra poter avvenire efficacemente, come per gli agrumi non destinati alla vendita e per il fango biologico da reflui. Per quanto attiene a vinacce, feccia e sansa la simbiosi produrrebbe a un guadagno. Tuttavia, se si considera il risparmio sul costo dei fertilizzanti, lo spandimento in agricoltura sembra la soluzione più conveniente per l'imprenditore.

Per quanto riguarda la legna da potature e il siero da latte, le distanze con l'impianto di trasformazione determinano un costo per il trasporto tale da non rendere conveniente l'operazione. In particolare, il siero da latte è di difficile conservazione e il trasporto deve avvenire nel giro di poche ore dalla produzione per evitare che la fermentazione del lattosio ad acido lattico ne compromettano irrimediabilmente la qualità.

|    | Descrizione scarti                | Distanza | Impianto di destinazione |
|----|-----------------------------------|----------|--------------------------|
| 1  | Vinacce, feccia, sansa            | 110 km   | Pirolisi                 |
| 2  | Potature vigneti e uliveti        | 180 km   | Compostaggio             |
| 3  | Legna da potature olivi, mandorli | 180 km   | Compostaggio             |
| 4  | Vinacce, feccia, sansa            | 110 km   | Pirolisi                 |
| 5  | Fango biologico da reflui         | 75 km    | Compostaggio             |
| 6  | Scarti da giardinaggio            | 90 km    | Compostaggio             |
| 7  | Siero da latte                    | 70 km    | Compostaggio             |
| 8  | Agrumi non destinati alla vendita | 170 km   | Biogas                   |
| 9  | Agrumi non destinati alla vendita | 127 km   | Biogas                   |
| 10 | Agrumi non destinati alla vendita | 160 km   | Biogas                   |

**Tab. 3** – *Potenziati sinergie di simbiosi industriale*

Tutte le aziende sono state collaborative nel mettere a disposizione i loro dati al fine di individuare soluzioni alternative per gestire gli scarti dovendo tener conto che vi è sempre un limite per il conferimento dei residui verso gli impianti di trasformazione.

### 3. Conclusioni

A conclusione di questo lavoro è emerso che la simbiosi industriale rappresenta uno strumento utile per le aziende, soprattutto per alcuni flussi di scarto. Permette infatti di risparmiare sui costi dello smaltimento degli scarti; diventa conveniente nel momento in cui le aziende siano geograficamente prossime; la scelta dello scarto da utilizzare è decisiva per la resa in termini energetici e materici. Altro aspetto innovativo è l'offerta di un nuovo modello relazionale fra le aziende tale da creare un network di collaborazione fattiva.

La diffusione di questa prospettiva consente poi agli stakeholder di venire a conoscenza di nuovi modelli di business convenienti, in linea con quanto promosso a livello europeo dall'economia circolare e a livello internazionale dalla transizione verso la Green Economy.

### Bibliografia

- [1] **G.Bologna**, Cos'è la green economy: tra valore della natura e natura del valore
- [2] **Morabito R. Barberio G.**, “Analisi e proposte del Gruppo di Lavoro 1 “Sviluppo dell'Eco-innovazione”;
- [3] **COM (2015) 614/2**,” Pacchetto sull'economia circolare”;
- [4] **Cutaia L., Morabito R.**,” Sostenibilità dei sistemi produttivi,Strumenti e tecnologie verso la green economy”;
- [5] [www.industrialsymbiosis.it](http://www.industrialsymbiosis.it)
- [6] Legge n.191/09
- [7] **Cutaia L., Luciano A., Barberio G., Sbaffoni S., Mancuso E., La Monica M., Scagliarino C.** The experience of the first industrial symbiosis platform in Italy.
- [8] **Luciano A., Barberio G., Mancuso E., Sbaffoni S., La Monica M., Scagliarino C., Cutaia L.** Potential improvement of the methodology for industrial symbiosis implementation at regional scale. Waste and Biomass valorization.
- [9] **Gulisano G.**; “Analisi economico-agrarie della filiera agrumicola e strategie di valorizzazione: clementine”;
- [10] **Rossi L., S. Piccinini.**, “Sottoprodotti agroindustriali, un potenziale da sfruttare”,
- [11] **Biondi A.**,” Vinacce: scarti o oro rosso?”;

- [12] **Novello V**, “Sostenibilità della filiera vitivinicola: Valorizzazione dei residui e dei sottoprodotti”;
- [13] **Francescato V, Berno F.**, “ Risparmio energetico e biomasse agroforestali per il riscaldamento delle serre”;
- [14] **Pignatelli V.**, “I reflui caseari oggi non si buttano più via”;
- [15] **Trentini R.** “Raccogliere oli esausti significa tutelare il territorio e le falde freatiche”;
- [16] **Centemero M.**, ”Compost e agricoltura tra presente e futuro”;
- [17] **Cau G, Cocco D.**, “ Impianti igcc con accumulo di syngas per servizio di carico intermedio e di punta”;
- [18] **Vaccari F. P.**, “Certificazione del biochar: il percorso di ICHAR”;
- [19] **Fabbi C., Piccinini S.**,”Biogas,metodi di valutazione del potenziale metanigeno”;

# Un modello di simbiosi industriale applicato alla filiera lattiero casearia siciliana

*Alessia Passalacqua, [ale.pass96@gmail.com](mailto:ale.pass96@gmail.com), Ernesto Cocomero, Gabriele Russo, Gaia Sarnataro, Ludovica Vizzini  
Università degli Studi di Catania - Dipartimento Economia e Impresa - Catania*

## **Riassunto**

*Un sistema eco-industriale, oltre a ridurre la produzione di rifiuti nei processi, ha l'obiettivo di massimizzare l'impiego efficiente dei materiali di scarto e dei prodotti a fine vita, rendendoli input per altri processi produttivi.*

*In questo contesto è stato studiato, da un punto di vista economico ed ambientale, un ciclo produttivo del settore lattiero-caseario basato sul trattamento termico; tale ciclo trasforma alcuni prodotti alimentari non idonei alla vendita, in quanto non conformi ai parametri standardizzati (in particolare diversi tipi di formaggi), in un semilavorato. L'output di questo procedimento diventa materia prima secondaria per la produzione di preparati alimentari o formaggi fusi.*

*Si sottolineano i vantaggi apportati da questa collaborazione industriale fra cui il riciclaggio dei sottoprodotti, la diminuzione di consumo delle risorse (come acqua e materie prime) e la riduzione della pressione ambientale causata da emissioni in acqua, atmosfera, produzione di rifiuti e conseguente smaltimento.*

## **Summary**

*An eco-industrial system reduces the production of waste in processes and maximizes the efficient use of waste materials and products at end of life, making them inputs for other production processes. In this context, the idea of industrial metabolism involves the implementation of the chain of physical processes that convert raw materials and energy, to work, products and waste.*

*This paper analyses, from an economic and environmental point of view, a production cycle of the dairy based on the heat treatment sector; this cycle transforms some food products not eligible for sale, since it does not conform to the standardized parameters (in particular different types of cheeses), in a semi-finished product. The output of this procedure becomes a secondary raw material for the production of prepared food or other kind of cheeses.*

## **1. Introduzione**

Un qualsiasi ciclo produttivo viene definito come l'insieme di tutti quei processi fisici che un'azienda compie per trasformare la materia primaria (input) in prodotti destinati alla vendita sul mercato (output), producendo d'altra parte anche scarti e rifiuti; la produzione di questi ultimi determina diverse forme di inquinamento, sfruttamento di energia e risorse primarie.

Il concetto di "metabolismo industriale" ha come scopo quello di comprendere quali siano i giusti cambiamenti da apportare in un ciclo produttivo, al fine di diminuire l'impatto che

ogni singola fase ha sull'ambiente, cercando al contempo di rendere le criticità ambientali maggiormente ecosostenibili. Per poter raggiungere risultati più efficienti e meno dannosi possibili per l'ambiente circostante, è fondamentale la collaborazione tra aziende, anche tradizionalmente separate, che possano promuovere vantaggi competitivi non solo dal punto di vista economico ma anche e soprattutto da quello ambientale, attraverso lo scambio di materia, energia, acqua e/o sottoprodotti.

Tra gli aspetti chiave che consentono il realizzarsi del metabolismo industriale (o simbiosi industriale) ci sono la collaborazione tra imprese e le opportunità di sinergia disponibili in un opportuno intorno geografico ed economico [1,2,3]. L'idea di implementare all'interno del settore primario un concetto di simbiosi industriale risulta, però, particolarmente complesso a causa dell'altissimo impatto ambientale, che deriva dallo smaltimento di liquami e dal conseguente inquinamento delle falde acquifere.

Tra i vari cicli produttivi ricadenti nel settore primario, è stato analizzato il settore lattiero caseario. Le aziende che operano in tale ambito, dovendo seguire il Reg (CE) 1774/2002 [4] per smaltire scarti e prodotti non conformi, si trovano a dover utilizzare un metodo di smaltimento (sottoprodotti di mangime atto alla zootecnia), che impatta negativamente sull'ambiente e che comporta notevoli costi.

È stato utile esaminare le possibili alternative per minimizzare gli scarti, collocando prodotti non idonei alla vendita, ma ancora destinabili al consumo umano, in mercati alternativi. In particolare, all'interno del paper, sono stati presi in considerazione alcuni esempi di aziende che agiscono in tal modo e relativi prodotti non conformi a causa di un difetto legato allo standard estetico che il prodotto deve avere, o prodotti ancora commestibili ma che, poiché vicini alla data di scadenza, non si riescono a collocare sul mercato; questi output vengono resi input di nuovi processi produttivi e danno inizio così ad un nuovo ciclo originato esclusivamente da materie secondarie e non vergini. Attraverso tali processi e sinergie con altre aziende, il settore lattiero caseario cerca di rendere tali scarti materia che può essere rilavorata e valorizzata da parte di altre aziende, dando origine a un nuovo ciclo, con l'obiettivo di avvicinarci sempre di più al perfetto ciclo a spirale della natura.

Quindi, le aziende dovrebbero lavorare "come se fossero una serie di ecosistemi industriali interconnessi ed interfacciati con l'ecosistema globale" [5].

## **2.Descrizione del settore lattiero-caseario**

All'inizio dello scorso secolo la filiera lattiero-casearia italiana era costituita da una moltitudine di caseifici di tipologia pastorale-rurale, e solo in piccola parte da caseifici di tipologia industriale, che rappresentavano delle vere e proprie eccezioni.

Quasi il 90% delle attività di trasformazione avvenivano nel primo dei due contesti descritti, il quale operava in maniera casuale e bisognosa di istruzione; questa condizione gravava sulle percentuali degli scarti di produzione che variavano intorno al 50% sul totale dei prodotti trasformati [6]. Nel corso dei decenni seguenti, gli enormi passi avanti compiuti dalla tecnologia, applicata al progresso della microbiologia, hanno profondamente cambiato non solo le tecniche di trasformazione casearie, ma anche la tipologia di impresa protagonista della filiera. L'entrata in vigore nel 1997 del D.Lgs. n.155/97, che ha introdotto l'HACCP [7] nell'ordinamento giuridico italiano, poi innovato e sostituito dal Regolamento Comunitario 852/2004 entrato in vigore dal 01/01/2006 [8] e recepito in Italia con il D.Lgs 193/2007 [9] vuole eliminare la possibilità che vengano posti in commercio degli alimenti potenzialmente dannosi per la salute dell'uomo; ciò ha comportato l'adozione da parte di tutti i livelli della catena produttiva, di una serie di misure per la prevenzione e il rispetto delle norme. Dagli '90 in poi i piccoli caseifici artigianali, non potendo rispondere alla domanda legislativa di impianti moderni nel rispetto delle norme di corretta prassi igienica, hanno lasciato spazio ai caseifici di tipologia industriale.

La Sicilia vanta un'antica tradizione casearia e dispone di varietà di output molto interessanti sia nella forma che nella lavorazione (tabella 1); tali prodotti stanno riscuotendo un maggiore successo nei mercati extra europei, infatti, mentre le vendite in tali Paesi sono incrementate del 13,8%, nel vecchio continente si registra una diminuzione nelle vendite pari al 2,9%. Nelle province di Messina, Trapani e Palermo nel primo trimestre del 2015, attraverso un'analisi sul territorio, è emerso che le esportazioni rappresentano più della metà (60,5%) del totale delle vendite realizzate oltre confine [10]; circa 142 aziende siciliane, di cui la provincia di Ragusa ne conta il maggior numero, operano nel settore lattiero caseario di trasformazione e più di 1000 nell'allevamento e produzione di latte [11].

| Formaggi tipici           | Provincia di produzione     | Tipologia di Latte                           | Caratteristiche fisiche  |
|---------------------------|-----------------------------|--|--|
| Caciocavallo ragusano DOP | Ragusa                      | Latte intero ottenuto da vacche modicane     | Formaggio a pasta filata soggetto a stagionatura                                   |
| Caprino                   | Varie zone della Sicilia    | Latte ottenuto da capre maltesi e girgentane | Formaggio fresco   |
| Pecorino siciliano DOP    | Tutte le province           | Latte di pecora intero                       | Può essere consumato sia in seguito alla stagionatura, sia precedentemente (Tuma). |
| Vastedda del Belice       | Palermo, Arigento e Trapani | Latte di pecora                              | Formaggio fresco da tavola a pasta filata.   |
| Provola                   | Nebrodi (Catania)           | Latte vaccino                                | Formaggio soggetto a stagionatura (min 3-4 mesi)                                   |

**Tab. 1** – *Formaggi tipici siciliani*

### 3. I prodotti alimentari non conformi dell'azienda

Il caso studio qui presentato analizza un'azienda leader del settore lattiero caseario sita a Zafferana Etnea (CT), produce alimenti tradizionali, salvaguardando un patrimonio alimentare, ambientale e culturale e proponendo prodotti tipici della cultura siciliana. I principali output aziendali sono: Mozzarella; Ricotta al forno; Ricotta fresca (di pecora o di latte ovino); Ricotta salata; Provola (bianca, affumicata, dei Nebrodi e del Casale); Scamorza (bianca o affumicata); Pecorino fresco con pepe nero; Formaggio fresco con pepe nero; Formaggio stagionato con pepe nero; Burro; Mascarpone.

Il DPR 54/97 [12] definisce i requisiti che i prodotti a base di latte devono rispettare al momento dell'uscita dallo stabilimento di produzione. Tutti i prodotti che non rispettano i criteri obbligatori per determinate tipologie di germi patogeni (*Listeria monocytogenes* e *Salmonella* specie), i criteri analitici per germi indicatori di carenze di igiene e le linee direttrici per germi indicatori, sono classificati come prodotti non conformi, che non sono quindi destinabili al consumo umano.

L'azienda distingue due tipi di non conformità: prodotti non conformi ai requisiti previsti dalla normativa vigente, e i prodotti non idonei alla vendita nonostante siano ancora consumabili. Questi ultimi sono definiti come tutti quegli output invenduti, non accettati dalla grande distribuzione o dai punti vendita a causa di non conformità estetiche o dell'imballaggio.

Ciò può avvenire a causa della prossimità alla data di scadenza, quando il prodotto presenta una vita residua (Shelf life) inferiore a quella pattuita per contratto con il cliente. Prodotti come mozzarella e ricotta hanno una Shelf life molto breve (circa 2 settimane), altri formaggi come i canestrati (formaggi freschi) e la pasta filata (provole) hanno una vita residua che supera anche i 100 giorni. Fanno parte della categoria di non idoneità alla vendita anche i

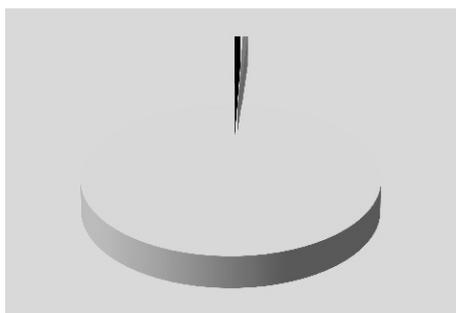
prodotti che presentano difetti di etichettatura o di confezionamento (ad esempio diciture non leggibili o difetti di confezionamento che non inficiano la condizione igienico-sanitaria); i prodotti con forma non idonea agli standard previsti, come ad esempio il formaggio “Ragusano DOP” il quale deve avere una forma parallelepipedica, la cui base di dimensioni di 15-18 cm, mentre lo scalzo di 43-45 cm e il cui peso varia fra 10 e 16 kg; i prodotti sottoposti ad una conservazione sottovuoto errata o non completa; i prodotti contenuti all’interno di un imballaggio secondario, che in caso di danneggiamento anche solo parziale del contenuto durante i trasporti, rende tutti i prodotti contenuti al suo interno non idonei.

#### **4. Tecniche di trattamento dei prodotti lattiero-caseari non idonei alla vendita**

L’azienda presa in analisi trasforma i prodotti non idonei alla vendita in un semilavorato industriale, destinato a divenire input per imprese specializzate nella trasformazione di sottoprodotti caseari. Nello specifico, l’azienda avvia un processo di trasformazione dell’output, che da prodotto lattiero caseario, strettamente derivato dal latte, diventa formaggio fuso, un sottoprodotto caseario ottenuto attraverso la fusione di derivanti del latte (formaggi, burro e caseina), che avviene all’interno di caldaie che lavorano un batch di circa 200 kg di prodotto. Tecnicamente si definiscono formaggi fusi i prodotti ottenuti per fusione a caldo di uno o più formaggi con l’ausilio di additivi emulsionanti, sali di fusione, e con eventuale aggiunta di acqua o di altri prodotti derivati del latte, come latte in polvere, grasso del latte e additivi come conservanti e stabilizzanti. Il processo di fusione dei formaggi ha lo scopo di trasformare la massa di caseina in un composto omogeneo, semifluido e viscoso, che diventa liquido se riscaldato ad una temperatura che si aggira intorno ai 70-75 °C a pressione ridotta. Una volta ottenuto il semilavorato, l’azienda lo invia in blocchi di circa 25 kg, come input per formaggi fusi o preparati alimentari. Questo viene fuso nuovamente dall’impresa acquirente e vengono aggiunte al composto altre sostanze, per ottenere un formaggio fuso che rispetti il prodotto finale previsto dalle politiche aziendale e dal range di output proposti dall’azienda.

#### **5. Vantaggi e benefici aziendali**

La tecnica adottata dall’azienda presa in esame ha portato sostanziali benefici a livello economico e ambientale. La produzione aziendale totale ammonta a circa 6 milioni di kg di output annuale. Nel 2015 sono stati riscontrati circa 70 tonnellate di prodotto non conforme (pari al 1,12% del totale) di cui 36 tonnellate non idonee alla vendita, ma ancora consumabili (Grafico 1). Questo particolare processo produttivo utilizzato dall’azienda, considera come input dei prodotti finiti, ovvero output invenduti, non piazzabili sul mercato a causa di non conformità estetiche o dell’imballaggio (tra cui prodotti prossimi alla data di scadenza o che si discostano dagli standard estetici). Avviata la trasformazione all’interno dell’azienda di tali input in un sottoprodotto caseario secondario (formaggio fuso), il semilavorato diviene fattore produttivo per imprese specializzate. Grazie alla trasformazione dei prodotti non idonei alla vendita, lo scarto viene valorizzato in ottica ambientale, traendone benefici anche a livello economico. Il processo consente infatti all’azienda di aumentare il fatturato aziendale e minimizzare la perdita dovuta alla mancata vendita di prodotti prodotti lattiero-caseari non idonei. Tale tecnica permette inoltre di eliminare i potenziali costi che l’azienda avrebbe dovuto sostenere per lo smaltimento e di ampliare nuovi mercati, grazie alla vendita dell’output finale alle aziende specializzate. A livello ambientale, invece, viene ridotto l’impatto che un eventuale smaltimento di tali prodotti seguendo l’apposita normativa cogente, avrebbe provocato.



**Grafico 1** – *Prodotti non conformi e non idonei alla vendita*

## 6. Conclusioni

Le strategie ecosostenibili proattive adottate dall’azienda analizzata potrebbero essere prese come esempio dalle piccole e medie imprese (PMI) del settore lattiero caseario, al fine di ridurre gli impatti ambientali nei diversi comparti (acqua, aria e suolo). La tecnica di trattamento dei prodotti non idonei, in una visione macrosistemica, implicherebbe inoltre un minor spreco di risorse alimentari. I conseguenti benefici avrebbero un riscontro anche sul piano etico il quale potrebbe avere un effetto trainante verso un’economia più giusta in ottica di responsabilità sociale.

## Bibliografia

- [1] Reg. n. 1774 del 3 ottobre 2002, *Norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano*, pubblicato in G.U.C.E., n. L 273 del 10 ottobre 2002
- [2] Cutaia L., Luciano A., Barberio G., Scaffoni S., Mancuso E., La Monica M., Scagliarino C. (2015). *The experience of the first industrial symbiosis platform in Italy*. *Environmental Engineering and Management Journal* 14 (7): 1521-1533
- [3] Luciano A., Barberio G., Mancuso E., Scaffoni S., La Monica M., Scagliarino C., Cutaia L. (2016). *Potential improvement of the methodology for industrial symbiosis implementation at regional scale*. *Waste and Biomass valorization*. 7(4), 1007–1015.
- [4] CHERTOW M.R., *Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy*, in “Annual Review of Energy and Environment”, novembre, 2000, n. 25, pp. 313-337.
- [5] HAWKEN P., *The Ecology of Commerce*, Harper Business, New York, 1993.
- [6] BOZZETTI V. – ZAPPAROLI G., *Un caseificio in trasformazione*, in “Il Latte speciale 80 anni (1927-2007)”, dicembre, 2007, supplemento al n.12, pp.42-46.
- [7] D.Lgs. n. 155 del 26 maggio 1997, *Attuazione delle direttive 93/43/CEE e 96/3/CE concernenti l’igiene dei prodotti alimentari*, pubblicato in G.U. n. 136 del 13 giugno 1997 - Supplemento Ordinario n. 118.
- [8] REGOLAMENTO (CE) N. 852/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 29 aprile 2004 sull’igiene dei prodotti alimentari in Gazzetta ufficiale dell’Unione europea L 139/2004.
- [9] Decreto Legislativo 6 novembre 2007, n. 193 “Attuazione della direttiva 2004/41/CE relativa ai controlli in materia di sicurezza alimentare e applicazione dei regolamenti comunitari nel medesimo settore” pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 261 del 9 novembre 2007 - Suppl. Ordinario n.228.
- [10] <http://www.confartigianatosicilia.it/cs-cs-agroalimentare-263.asp>
- [11] [http://www.informazione-aziende.it/46-33-1\\_COMMERCIO-ALLINGROSSO-DI-PRODOTTI-LATTIERO-CASEARI-E-DI-UOVA/Regione\\_SICILIA](http://www.informazione-aziende.it/46-33-1_COMMERCIO-ALLINGROSSO-DI-PRODOTTI-LATTIERO-CASEARI-E-DI-UOVA/Regione_SICILIA)
- [12] D.P.R. n. 54 del 14 gennaio 1997, *Regolamento recante attuazione delle Dir. 92/46 e 92/47/CEE in materia di produzione e immissione sul mercato di latte e di prodotti a base di latte*, pubblicato in G.U. n. 59 del 12 marzo 1997- Suppl. Ordinario n. 54.

# Simbiosi industriale, network e innovazione: potenzialità e limiti dei Poli d'Innovazione italiani

*Raffaella Taddeo [r.taddeo@unich.it](mailto:r.taddeo@unich.it), Alberto Simboli, Andrea Raggi, Anna Morgante  
Dipartimento di Economia - Università degli Studi "G. d'Annunzio", Chieti-Pescara*

## **Riassunto**

*Networking e innovazione rappresentano due temi ricorrenti nel filone di ricerca della Simbiosi Industriale (SI). I network di imprese, soprattutto nella forma di cluster o distretti industriali, sono considerati tra i contesti più promettenti per lo sviluppo della SI. Il tema dell'innovazione viene preso in considerazione in quanto elemento abilitante e risultato, quale "eco-innovazione di sistema", dello sviluppo della SI. Nonostante la loro rilevanza, tali temi sono stati raramente discussi congiuntamente. Il presente articolo intende analizzare le potenzialità e i limiti dei Poli di Innovazione (PI) in relazione allo sviluppo di SI, con riferimento alle esperienze di alcune Regioni italiane in cui sono attualmente operativi diversi PI. I risultati preliminari evidenziano la presenza di potenziali sinergie e nuove aree di ricerca per i temi del networking e dell'innovazione nell'ambito degli studi sulla SI.*

## **Summary**

*Networking and innovation are recurring themes in the field of Industrial Symbiosis (IS). Networks of companies, in particular in the operating forms of industrial clusters or districts, are considered one of the most promising contexts for IS, due to the geographical proximity and to the acquired tendency to collaboration among the entities involved. Innovation is also considered both an enabling element and a result, intended as "systemic eco-innovation", of the IS development. Despite their relevance, these issues have rarely been discussed jointly. The present article aims at analyzing the potential and limitations of the Innovation Poles (IP) in relation to the development of IS, with particular reference to the case of some Italian Regions, in which several IPs operate currently. Preliminary results highlight a number of potential synergies and new areas of research for the themes of innovation and networking within IS studies.*

## **1. Introduzione**

In letteratura, il dibattito su come rendere la Simbiosi Industriale (SI) efficace nei vari contesti produttivi in cui viene implementata, risulta ancora aperto [1;2;3]. I Poli di Innovazione (PI), introdotti nell'ambito della politica regionale dell'Unione Europea 2007-2013 (attuata attraverso i POR FESR 2007/2013) sono gruppi di organizzazioni operanti a livello locale, con l'obiettivo di stimolare l'attività di innovazione in un particolare settore o filiera produttiva. La presenza congiunta di due elementi distintivi come il networking e l'innovazione ne fanno un contesto interessante da poter essere investigato in relazione agli studi sulla SI; il presente articolo intende farlo prendendo spunto dalla realtà italiana, in cui sono attualmente costituiti ed operativi diversi PI. L'articolo è strutturato nel modo seguente: la sezione successiva

descrive il metodo utilizzato, introduce il concetto di PI, le sue principali caratteristiche e il grado di implementazione in alcune Regioni italiane. Nella seconda parte vengono evidenziate e discusse le loro principali potenzialità e limiti in relazione allo sviluppo di SI.

## 2. Relazione

### 2.1 Metodi della ricerca

L'articolo presenta un'analisi qualitativa basata sull'utilizzo di letteratura scientifica, di letteratura secondaria e materiali multimediali. Le informazioni e i dati sui PI sono stati ottenuti anche attraverso l'analisi di regolamenti comunitari e regionali, report tecnici e dei materiali presenti sui siti internet ufficiali. La discussione propone un'analisi preliminare per l'identificazione delle implicazioni teoriche, metodologiche e pratiche.

### 2.2 I Poli come sistemi d'innovazione locale

Il fenomeno dell'agglomerazione territoriale di imprese ha trovato origine e massima espressione nel modello del *distretto industriale*, largamente diffuso in Europa ed in particolare in Italia. Successivamente l'introduzione della variabile "innovazione" ha portato ad includere in tale modello aspetti scientifici e tecnologici, della produzione e dell'economia locale in generale. In tale direzione sono nati i c.d. *distretti tecnologici*, aggregazioni di competenze in settori ad alto contenuto tecnologico innovativo, considerati prioritari per un territorio. Ulteriori declinazioni di network industriali in chiave tecnologica sono rappresentate dai *Parchi Scientifici e Tecnologici*, dai *Tecnopoli* e dagli *Incubatori Tecnologici*, il cui scopo comune è quello di promuovere la cultura dell'innovazione e la competitività delle imprese e delle istituzioni che generano sapere, incentivando il flusso di conoscenze e tecnologie fra università, centri di R&S, aziende e mercati, e facilitando la creazione di imprese innovative mediante processi di incubazione. Tali modelli fanno esplicito riferimento al concetto di innovazione intesa come un processo sistemico, incorporato in specifici contesti socio-culturali ed istituzionali, in grado di sviluppare cluster di attività produttive e di ricerca, che trovano sintesi nel modello dei sistemi regionali di innovazione [4].

I PI si collocano all'interno di tale dibattito con l'obiettivo di stimolare l'espansione della base tecnologica di un determinato territorio attraverso il coinvolgimento diretto del tessuto produttivo [5]. Essi sono stati introdotti nell'ambito della politica regionale dell'Unione Europea 2007-2013 e sono stati definiti come *raggruppamenti di imprese indipendenti, start up innovative, piccole, medie e grandi imprese, nonché organismi di ricerca attivi in un particolare settore o ambito territoriale e destinati a stimolare l'attività innovativa incoraggiando l'interazione intensiva, l'uso in comune di installazioni o lo scambio di conoscenze ed esperienze, nonché contribuendo in maniera effettiva al trasferimento di tecnologie, alla messa in rete e alla diffusione delle informazioni tra le imprese che costituiscono il Polo* [6]. Questa definizione rappresenta il punto di partenza di una serie di esperienze che hanno come obiettivo la costituzione dei PI in contesti locali, per favorire la formazione o sviluppo di relazioni strategiche tra le imprese locali e/o tra le imprese e le università e i centri di ricerca in determinati settori tecnologici, ritenuti strategici per la crescita economica e sociale del territorio.

Operativamente, i Poli sono costituiti da gruppi di organizzazioni che condividono un comune interesse per la ricerca e lo sviluppo scientifico, dalla fase di laboratorio alla produzione e commercializzazione. La loro localizzazione fisica può essere una zona industriale più o meno vasta, per lo più costituita da: i) imprese di produzione e/o di servizi; ii) enti territoriali, infrastrutture di ricerca (di solito pubbliche, collegate alle Università e ai centri di R&S pubblici); iii) incubatori di imprese; iv) laboratori e centri di testing. Nell'esperienza italiana, alcune Regioni hanno creato delle sovrastrutture di coordinamento, le c.d. *piattaforme regionali*, che coinvolgono i rappresentanti di ogni Polo e delle amministrazioni regionali.

Pur avendo una comune origine e struttura analoga, ogni PI presenta caratteristiche e dinamiche evolutive differenti poiché ognuno trae vantaggio dai diversi input disponibili nell'economia locale, inoltre, ogni contesto ha un determinato potenziale di assorbimento dei risultati del Polo, derivante da specifici fabbisogni locali [5]. Anche il diverso ruolo degli stakeholders pubblici e privati può influenzare il percorso di implementazione e crescita di un PI. In Italia i PI sono attualmente oltre 50 e riuniscono oltre 7400 imprese [7]. Di seguito viene proposta una tabella che riassume le principali esperienze regionali e mette in evidenza i settori attualmente interessati (Tab.1).

| <b>Regioni</b>  | <b>Principali ambiti settoriali</b>   |
|---|---|
| <b>Abruzzo</b><br>DGR. n. 248 del 23 Aprile 2012        | <i>Agroalimentare; Arredo, Legno, Mobile; Artigianato Artistico; Automotive; Chimico-Farmaceutico; Economia Civile; Edilizia Sostenibile; Elettronica/ICT; Energia; Internazionalizzazione; Logistica e Trasporti; Servizi Avanzati; Tessile/Calzaturiero; Turismo.</i>   |
| <b>Calabria</b><br>DGR. n. 194 del 20 Aprile 2009       | <i>Tecnologie della salute; Energia e ambiente; Trasporti, Logistica, Trasformazione; Agroalimentare; ICT; Nuovi materiali; Beni culturali; Risorse della pesca.</i>  |
| <b>Lazio</b><br>DGR. n. 611 del 5 Agosto 2008           | <i>Fotovoltaico; Logistico; Nautico; Materie prime strategiche.</i>   |
| <b>Liguria</b><br>DGR. n. 177 del 5 Febbraio 2010       | <i>Controllo ambientale e sviluppo sostenibile; Energie rinnovabili e smart grid; Network, sicurezza, intermodalità nei trasporti; Sistemi per la cantieristica navale e nautica, ambiente marino; Automazione intelligente; Tecnologie per il miglioramento della qualità della vita di anziani e disabili; Biotecnologie e biomedicale.</i> |
| <b>Piemonte</b><br>DGR. n. 25-8735 del 5 Maggio 2008    | <i>Agroalimentare; Biotecnologie e biomedicale; Energie rinnovabili e mini Hydro; ICT; Chimica sostenibile; Tessile; Meccatronica e sistemi avanzati di produzione; Impiantistica sistemi e componentistica per le energie rinnovabili; Nuovi materiali; Edilizia sostenibile e idrogeno; Energie rinnovabili e biocombustibili.</i>          |
| <b>Toscana</b><br>DGR. n. 1040 del 6 Dicembre 2010      | <i>Moda; Interni e design; Marmo e pietre ornamentali; Scienze della vita; Nuovi materiali; Automotive e meccanica; Nautica e portualità; Ferroviario; Energia ed Economia verde; Fotonica, Optoelettronica, Robotica, Telecomunicazioni, ICT e Spazio; Smart city-Turismo-Beni culturali; Cartario.</i>                                      |
| <b>Umbria</b><br>DGR. n. 226 del 15 Febbraio 2010       | <i>Efficienza energetica e fonti rinnovabili; Scienze della vita; Meccanica avanzata e meccatronica; Materiali speciali metallurgici, micro e nano tecnologie.</i>  |
| <b>Emilia Romagna</b><br>DGR. n. 736 del 19 Maggio 2008 | <i>Alimentare; Meccanica e impiantistica alimentare; Meccanica e materiali; Informatica – Elettronica; ICT e design; Biotecnologie e ambientale; Chimica e Farmaceutica; Tecno-medicale; Costruzioni; Energia e Ambiente; Scienze della vita.</i>   |

**Tab. 1 – I PI in alcune Regioni italiane.**

### 2.3 Simbiosi Industriale e Poli d'Innovazione: sinergie e limiti

L'analisi delle possibili sinergie e dei limiti connessi allo sviluppo di SI in un PI è sostanzialmente correlata alle modalità e alle forme in cui le SI nascono ed evolvono, tema largamente trattato in letteratura [8;9]. Un tentativo di ricomposizione di una teoria dello sviluppo di SI è stato condotto nel 2012 da Chertow ed Ehrenfeld [10], i quali definiscono un framework

in grado di mettere a confronto i più noti modelli di SI. Oltre a riconoscere che la SI è un fenomeno molto variabile e complesso, che risente del ruolo di fattori di contesto e che non può essere facilmente teorizzato, gli autori osservano alcune caratteristiche che distinguono i network simbiotici dagli altri network. Quello che emerge è un riconoscimento dei network di SI come *complex adaptive systems*, che tendono a nascere in maniera prevalentemente spontanea (*bottom-up* o *self organizing*) e ad evolvere nel tempo sfruttando la propria resilienza. Le relazioni di scambio nascono spesso da una base di relazioni sociali, che trovano nella fiducia ed in elementi culturali il loro punto di forza. Alcuni degli agenti coinvolti (individui o organizzazioni) svolgono un ruolo determinante, anche come facilitatori esterni, per il successo della SI. Nel corso del tempo, alcuni elementi culturali e relazionali tendono ad essere assimilati (*embedded*) dai partecipanti, rafforzando la loro consapevolezza riguardo ai valori di sostenibilità, che diventa la base per la successiva crescita della SI. La complessità (tecnologica, organizzativa, gestionale e socio-relazionale), elemento caratterizzante i processi di sviluppo di SI, porta con sé svariati spunti di riflessione sulle potenziali interazioni con il modello dei PI. Di seguito ne verranno discussi alcuni tra i più significativi:

– *Specializzazione settoriale*. I PI, per definizione, sono destinati ad accogliere imprese ed enti appartenenti ad una stessa filiera o settore produttivo, e questo implica un certo livello di omogeneità in termini di processi, materiali e prodotti realizzati nel network. Questo aspetto, analizzato in relazione alle potenzialità di sviluppo di SI mette in luce elementi di riflessione positivi e negativi. In accordo con la letteratura [11], un certo livello di omogeneità interna garantisce disponibilità di materiali utili alla SI (sottoprodotti, scarti) in quantità più elevata, in quanto prodotti da un numero più elevato di imprese, e questo può contribuire a superare alcuni limiti “di scala” nella loro gestione. Altri elementi positivi sono la possibilità di condivisione di conoscenze e lo sviluppo di soluzioni comuni a più imprese (c.d. di *sharing*). D'altra parte, un elevato livello di omogeneità interna al network, può ridurre le possibilità di *input/output matching*, in quanto le organizzazioni coinvolte nella SI presentano flussi simili [12].

– *Scala spaziale*. I PI possono avere una scala spaziale variabile. Ad un livello minimo di ampiezza possono coincidere con i cluster o distretti industriali già esistenti (e.g. come per alcuni casi della Regione Toscana), oppure possono coinvolgere imprese appartenenti ad una stessa Regione o anche oltre i confini regionali (e.g. come in alcuni casi della Regione Abruzzo) e quindi operare trasversalmente agli insediamenti industriali esistenti. Anche questo aspetto è ampiamente dibattuto in letteratura, in quanto, secondo alcuni studiosi la prossimità geografica può facilitare le relazioni e ridurre i costi e gli impatti delle attività di trasporto [13]; secondo altri, non è un elemento che condiziona in maniera determinante il successo e le performance di una SI [14].

– *Relazioni sociali e fiducia*. Secondo alcuni autori, la SI è fortemente radicata a questi due elementi, che ne possono condizionare negativamente lo sviluppo anche in presenza di requisiti tecnici positivi [15]. In un network di imprese, soprattutto su base locale (come per i PI), le relazioni sono un aspetto determinante, possono strutturarsi a un diverso livello (istituzionale, professionale, informale) e condizionare in maniera positiva la sua capacità innovativa [16]. Negli studi di SI si indagano inoltre le possibilità di mappare la rete di relazioni sociali al fine di comprenderne la potenzialità in una prospettiva simbiotica [17]. Nel caso dei PI, l'esistenza di una base relazionale stabile, rappresenta un elemento di sicuro interesse in una prospettiva di SI.

– *Attori locali ed istituzioni*. Un certo numero di contributi evidenzia come un fattore chiave per il successo nella progettazione di una SI stia nel coinvolgimento e nella partecipazione attiva degli stakeholders locali, come organi politici, associazioni, comunità di individui [18;19]. Il ruolo di tali attori è di primaria importanza sia nella raccolta dei dati ed informazioni preliminari e sia nello svolgere attività di coordinamento e di promozione in grado di sostenere nel

tempo lo sviluppo della SI [20;2]. La governance dei PI spetta direttamente o indirettamente alle Regioni, che coinvolgono enti territoriali, associazioni ed altri soggetti del tessuto economico locale. Questo può rappresentare un presupposto positivo nella prospettiva di sviluppo di SI in tali contesti.

– *Aspetti normativi.* Standard ambientali, norme e regolamenti sono emersi come uno dei fattori più critici per lo sviluppo della SI in una determinata area o regione [21;22]. In alcuni casi possono agire da promotori (attraverso l'introduzione di piani d'azione dedicati, misure di finanziamento, etc.), in altri possono bloccarne o limitarne lo sviluppo (come nel caso di norme troppo restrittive relative all'uso dei sottoprodotti). Come evidenziato da Watkins et al. [23], attualmente, alcuni di questi problemi trovano origine e vanno necessariamente affrontati su scala locale e i PI, attraverso i soggetti gestori, potrebbero rappresentare un utile interlocutore per la risoluzione di tale limite a vantaggio delle imprese coinvolte nella SI.

### 3. Conclusioni

In conclusione, i risultati di questo studio preliminare evidenziano diverse potenziali sinergie e nuove aree di ricerca per gli studi sulla SI in un contesto quale quello dei PI. Occorre innanzitutto registrare che, seppure la variabile ambientale sia stata riconosciuta come elemento caratterizzante l'attività di alcuni PI (e.g. nella regione Piemonte, Liguria e Calabria), non emerge una tendenza a farne un elemento strategico per la crescita dell'intero territorio in cui sono insediati. In tale direzione va considerata la possibilità di sfruttare il potenziale di innovatività espresso dai PI rispetto alla SI. Le strade più promettenti in tal senso sembrano essere le seguenti:

*PI come incubatore di innovazioni utili alla SI* – Sicuramente i PI rappresentano un contesto favorevole per lo sviluppo di singole innovazioni di prodotto o di processo utili allo sviluppo di una SI, come materiali sostitutivi, tecnologie di recupero e riciclo dei materiali, di trattamento di scarti e reflui, per il recupero energetico, che potrebbero trovare adozione in altri contesti o in una SI già esistente.

*PI come veicolo di diffusione della SI* – Un'ulteriore azione di supporto che i Poli potrebbero svolgere riguarda la diffusione di modelli di sviluppo industriale ispirati alle SI, da due punti di vista: sia agendo da promotori di buone prassi sfruttando i canali di comunicazione del network, sia (ad esempio per i Poli che hanno una base spaziale regionale o sopra-regionale) dando la possibilità alle varie imprese partecipanti di replicare o riproporre il modello nei rispettivi insediamenti locali.

*PI come contesto di SI* – Il ruolo più ambizioso in una prospettiva di SI, i PI potrebbero svolgerlo proponendosi come “contesti” di SI, ed alcuni degli elementi discussi depongono a favore di questa ipotesi. Tuttavia, se analizzata in relazione alla letteratura e alle esperienze esistenti, potrebbe presentare delle criticità legate ai meccanismi evolutivi dei network, che mostrano logiche non prevedibili e possono andare incontro a fenomeni di inerzia organizzativa se posti di fronte a cambiamenti radicali. La presenza nel PI di un'entità capace influenzarne ed indirizzarne il comportamento può contribuire a ridurre questo rischio, a scapito però di un altro importante fattore: come già evidenziato, le SI di maggior successo, dall'esperienza di Kalundborg in poi, sono nate ed evolute spontaneamente, intorno alla necessità condivisa di fare della sostenibilità ambientale un elemento di crescita strategica e di vantaggio competitivo. I PI nascono per promuovere innovazione, non appare pertanto scontato un loro coinvolgimento in attività simbiotiche, soprattutto se queste vengono promosse dall'alto attraverso un approccio c.d. *top-down*. Più efficace potrebbe essere un'opera di informazione e sensibilizzazione svolta dall'organo di governance del PI che promuova dal basso (approccio *bottom-up*) nuove e più evolute forme di collaborazione.

Quelle appena descritte rappresentano anche le direttrici più interessanti verso cui orientare i futuri studi sulla tematica “SI e PI”.

## Bibliografia

- [1] **Roberts B.H.**, The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study, *Journal of Cleaner Production* 12, 997-1010, 2004.
- [2] **Taddeo R., Simboli A., Morgante A.**, Implementing eco-industrial parks in existing clusters. Findings from a historical Italian chemical site, *Journal of Cleaner Production* 33, 22-29, 2012.
- [3] **Taddeo R.**, Local industrial systems towards the eco-industrial parks: the model of the ecologically equipped industrial areas, *Journal of Cleaner Production* 131, 189-197, 2016.
- [4] **Doloreux D.**, What we should know about regional systems of innovation, *Technology in Society* 24, 243-263, 2002.
- [5] **Umbria Innovazione**, Speciale Poli di Innovazione, *Bollettino dell'Innovazione Tecnologica* 3, 6-38, 2010.
- [6] **Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea**, Disciplina Comunitaria in materia di aiuti di stato a favore di ricerca, sviluppo e innovazione, 2006/C 323/01, 2006.
- [7] **Corriere Comunicazioni**, Un manifesto per i Poli di innovazione in [http://www.corrierecomunicazioni.it/digital/37290\\_un-manifesto-per-i-poli-di-innovazione.htm](http://www.corrierecomunicazioni.it/digital/37290_un-manifesto-per-i-poli-di-innovazione.htm), 2015 (consultato a Giugno 2016).
- [8] **Ehrenfeld J., Gertler N.**, Industrial Ecology in practice. The evolution of interdependence at Kalundborg, *Journal of Industrial Ecology* 1, 67-79, 1997.
- [9] **Gibbs D., Deutz P.**, Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development, *Journal of Cleaner Production*, 15, 1683-1695, 2007.
- [10] **Chertow M.R., Ehrenfeld J.**, Organizing self-organizing systems. Toward a theory of Industrial Symbiosis, *Journal of Industrial Ecology* 16, 13-27, 2012.
- [11] **Reniers G., Dullaert W., Visser L.**, Empirically based development of a framework for advancing and stimulating collaboration in the chemical industry (ASC): creating sustainable chemical, *Journal of Cleaner Production* 18, 1587-1597, 2010.
- [12] **Sterr T., Ott T.**, The industrial region as a promising unit for eco-industrial development reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology, *Journal of Cleaner Production* 12, 947-965, 2004.
- [13] **Hewes A.K., Lyons D.I.**, The humanistic side of eco-industrial parks: champions and the role of trust, *Regional Studies* 42, 1329-1342, 2008.
- [14] **Jensen P.D., Basson L., Hellowell E.E., Bailey M.R., Leach M.**, Quantifying 'geographic proximity': experiences from the United Kingdom's national industrial symbiosis programme, *Resources, Conservation and Recycling* 55, 703-712, 2011.
- [15] **Velenturf A.P.M., Jensen P.D.**, Promoting Industrial Symbiosis using the concept of proximity to explore social network development, *Journal of Industrial Ecology* 20, 700-709, (2016).
- [16] **Ceci F., Iubatti D., Simboli A.**, Communication flows in SME network: the C.I.S.I. consortium case. In: Passiante G. (Ed.), *Evolving towards the Internet Worked Enterprise*. Springer, London, 163-174, 2010.
- [17] **Romano M., Di Vincenzo F., Raggi A.**, Applying Social Network Analysis to Industrial Symbiosis: A literature review. In: G. Ioppolo (Ed.), *Environment and Energy*. FrancoAngeli Editore, Milano, 191-206, 2012.
- [18] **Ayres, R.U.**, Creating industrial ecosystems: a viable management strategy, *International Journal of Technology Management* 12, 608-624, 1996.
- [19] **Baas L.W.**, Cleaner production and industrial ecosystems: a Dutch experience, *Journal of Cleaner Production* 6, 189-197, 1998.
- [20] **Lowe A.E.**, Creating by-product exchanges: strategies for eco-industrial parks, *Journal of Cleaner Production* 5, 57-65, 1997.
- [21] **Costa L., Massard G., Agarwal A.**, Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries, *Journal of Cleaner Production* 18, 815-822, 2010.
- [22] **Chertow R.M.**, "Uncovering" industrial symbiosis, *Journal of Industrial Ecology* 11, 11-30, 2007.
- [23] **Watkins G., Husgafvel R., Pajunen N., Dahl O., Heiskanen K.**, Overcoming institutional barriers in the development of novel process industry residue based symbiosis products – Case study at the EU level, *Minerals Engineering* 41, 31-40, 2013.

# Simbiosi industriale: un'analisi ragionata dei settori chiave e degli interscambi più frequenti nelle esperienze europee

*Enrica Vesce* [enrica.vesce@unito.it](mailto:enrica.vesce@unito.it), Maria Beatrice Pairotti, Riccardo Beltramo, Cristina Santhià  
Dipartimento di Management, Scuola di Management ed Economia,  
Università degli Studi di Torino, Torino

## Riassunto

*Da quando Ajres [1] e Frosch [2] hanno introdotto i concetti di metabolismo e simbiosi industriale, la verifica delle situazioni produttive già esistenti e di quelle potenzialmente interessanti si è fatta più pressante. Numerosi studi a livello internazionale hanno sviluppato ragionamenti basati sullo scambio di sottoprodotti e rifiuti, con obiettivo non solo di salvaguardia ambientale ma soprattutto di risparmio di risorse. Pare che sia proprio quella degli scambi a livello regionale, l'esemplificazione dei parchi eco-industriali che ha riscosso maggiore successo. Obiettivo del lavoro è stato quello di partire dall'esperienza più riuscita, i "green twinning" come citava Chertow [3], all'interno delle diverse modalità che possono ricondursi ai parchi eco industriali per comprenderne i punti di forza e valutarne la replicabilità su aree geografiche diverse. Verificati gli scambi di sottoprodotti in alcuni parchi europei attraverso un'attenta analisi bibliografica, si è cercato di effettuare una fotografia dei settori produttivi maggiormente coinvolti sia a livello di estensione che di tipologia di sottoprodotti più scambiati. Attraverso il codice NACE di appartenenza delle imprese ci si è posti l'obiettivo di costituire una base utile per un successivo confronto con l'estensione e la presenza dei medesimi settori produttivi individuati su altre zone geografiche per ipotizzare, come anticipato, la replicabilità.*

## Summary

*Since Ajres [1] and Frosch [2] have introduced the terms of metabolism and industrial symbiosis, the check of industrial areas already existent and of areas potentially to develop has grown. Many studies at the international level have deepen the themes of waste and by products exchanges to save money and resources. The practice of exchanges at a regional level, the eco industrial parks, seems to be the most successful one. Starting from the positive experience of the "green twinning", as defined by Chertow [3], analyzing the different ways of acting inside the eco industrial parks, the goal was to understand the advantages and to evaluate the repeatability on other different areas. After the check of exchanges in some European eco industrial parks by the analysis of references, a snapshot of most involved productive sectors and of byproducts exchanged has been reproduced. Through NACE codes of companies, it would be possible to build a base for a future comparison of presence of the same sectors in other areas to suppose the repeatability.*

## 1. Introduzione

La simbiosi industriale [4, 5, 6] è l'applicazione più conosciuta dei principi dell'Ecologia Industriale [7] e probabilmente è anche quella che ha contribuito maggiormente a diffondere la conoscenza di questa disciplina. Inoltre pare che gli scambi di sottoprodotti a livello di area o di Regione, siano anche quelli che hanno riscosso un successo maggiore rispetto alle esperienze

degli eco parchi in generale [8]: all'incremento delle conoscenze teoriche sulla tematica sembra infatti non aver fatto seguito lo sviluppo di esperienze concrete o comunque non aver sempre segnato lo sviluppo di situazioni vincenti. Dal canto loro, e indipendentemente dalle politiche adottate dai governi ai diversi livelli, le motivazioni che hanno spinto le imprese ad avvicinarsi a questi ragionamenti sono state in primo luogo economiche [9, 10] più ancora che ecologiche, per quanto anche gli sforzi verso la sostenibilità si possano annoverare tra le motivazioni [3, 9, 11] e sicuramente lo sviluppo si è dimostrato diverso a seconda del substrato economico, sociale e geografico all'interno del quale le realtà produttive potevano muoversi. Tra i molti aspetti approfonditi all'interno degli studi sulla simbiosi industriale, sia teorici che applicativi, si trovano approfondimenti derivanti dalla sua riuscita in base alla geografia del territorio che coinvolge. La vicinanza delle imprese che condividono i sottoprodotti e quindi la localizzazione delle imprese nelle medesime aree, è spesso vista come un elemento indispensabile senza il quale appare difficile ipotizzare scambi efficienti [9, 11] anche se questo requisito rischia di escludere possibili collegamenti virtuosi tra imprese non localizzate nel medesimo territorio [9]. Partendo dalle due osservazioni enunciate, il successo della simbiosi industriale e l'importanza di far rete anche a livello di area geografica se non di area produttiva, ha portato a sviluppare questo lavoro che da alcuni esempi vincenti della simbiosi industriale soprattutto a livello europeo, ha provato a trarre spunto per creare un modello legato ai settori produttivi in un'altra area geografica.

## **2. Simbiosi industriale e cicli produttivi: materiali e metodi**

Molti degli studi presenti in letteratura sulla simbiosi industriale si riferiscono all'importanza dello strumento ed alle motivazioni che dovrebbero spingere imprese, aree e governi a rivolgersi ad esso nello sviluppo delle proprie politiche. Pochi tuttavia riferiscono, anche qualora analizzino i casi concreti, i dettagli alla base degli scambi, nel senso di tipologie e caratteristiche delle possibili sinergie [12, 13].

Alcuni settori produttivi e, in particolare, determinati cicli produttivi all'interno dei diversi settori pare abbiano più facilità ad essere inseriti in contesti di simbiosi industriale. La motivazione è merceologicamente semplice: alcuni cicli produttivi sono forieri di sottoprodotti e, al limite, anche di "scarti" di grande valore, mentre altri sono ricettori ampi di materie prime, ossia possono annoverare tra le materie prime anche sottoprodotti provenienti da altri cicli produttivi. Il modello in base al quale abbiamo classificato gli scambi è stato quello delle imprese "core" (di riferimento per la ricerca) e di quelle "external" (tutto il resto delle imprese produttive). L'industria core può fornire sottoprodotti ad industrie del medesimo settore (origine e destinazione coincidono: C=E), oppure l'industria core fornisce soprattutto materiale all'esterno (CtoE) o l'industria core riceve soprattutto dall'esterno (EtoC) [12]. In questo ragionamento esistono pochi prodotti "puri": quello del cemento, ad esempio, è forse uno dei pochi cicli produttivi che, pur essendo ricettore ampio (ossia può utilizzare molti scarti di altri cicli produttivi) fa confluire nel prodotto finito tutti i materiali utilizzati nel processo [14, 15] e quindi non può fornire sottoprodotti (fisici) da scambiare (discorso analogo può essere fatto per la biomassa). Il ragionamento cambia se, accanto al sottoprodotto fisico, vengono presi in considerazione anche scambi di acqua, vapore, calore.

Nell'analisi è stato utilizzato, come pivot attraverso il quale codificare le imprese, il codice NACE (classificazione NACE Rev. 2, Regolamento CE n. 1893/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20/12/2006, in Italia riportato dall'ISTAT come codici ATECO) delle imprese che mettono a disposizione i sottoprodotti o che li utilizzano. In genere negli studi sulle piattaforme di scambi spesso si parte dalla tale codifica delle imprese [16]. L'analisi bibliografica internazionale è stata messa a punto, partendo dalle esperienze europee sullo studio della Delft University of Technology (the Netherlands) realizzato dall'Energy and Industry Group, Dipartimento di Technology, Policy and Management. Lo studio realizzato è disponibile attraverso un sistema open data, Enipedia ([http://enipedia.tudelft.nl/wiki/Industrial\\_Symbiosis\\_Data\\_Sources](http://enipedia.tudelft.nl/wiki/Industrial_Symbiosis_Data_Sources)), definito come "open industrial symbiosis data". A questo studio, sono stati aggiunti altri casi ritenuti validi per gli scambi di simbiosi industriale che vi vengono realizzati.

Dai parchi eco industriali, si sono ricavate le imprese, il loro prodotto principale, i sottoprodotti scambiati ed i rifiuti. A queste si è attribuito un codice NACE.

I codici sono stati radunati per tipologia e, sulla base dei cicli produttivi, si sono fatte ipotesi legate alla maggiore o minore frequenza degli stessi. Lo scopo, come anticipato, è quello di verificare la replicabilità degli esempi europei analizzati per effettuare, su una zona italiana predefinita, una ricerca attraverso il medesimo codice e verificare la sostenibilità di meccanismi di simbiosi simili.

Si è presa in considerazione la numerosità delle imprese per codice ATECO a due cifre (tab. 1), indipendentemente dalla dimensione e quindi dalla quantità di rifiuti/sottoprodotti scambiati, in quanto interessanti, in questo primo passaggio, i settori produttivi di provenienza. Un approfondimento successivo potrebbe vedere pesate le tipologie per le quantità, per rilevare le principali forme di scambio anche i termini quantitativi ed un maggiore dettaglio attraverso la considerazione completa dei codici ATECO.

| <b>Attività Principali</b>  | <b>numerosità per codice</b> |
|---|------------------------------|
| attività estrattiva   | 1                            |
| distillazione alcolici  | 1                            |
| industria tessile   | 1                            |
| raffineria  | 1                            |
| fabbricazione di prodotti farmaceutici  | 1                            |
| fabbricazione di prodotti in metallo  | 1                            |
| fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata                 | 1                            |
| gestione reti fognarie  | 1                            |
| lavori di costruzione specializzati   | 1                            |
| attività editoriali   | 1                            |
| fabbricazione di mobili   | 2                            |
| attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti, recupero materiali | 2                            |
| fabbricazione di carta  | 3                            |
| metallurgia   | 5                            |
| industria del legno   | 7                            |
| fabbricazione di prodotti chimici   | 7                            |
| coltivazioni agricole, prodotti animali e industrie alimentari                  | 10                           |
| fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi   | 13                           |

**Tab. 1** – *Numerosità per codice ATECO delle attività principali*

I principali settori produttivi rappresentati sono la fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi (13 imprese), coltivazioni agricole, prodotti animali e industrie alimentari (10 imprese), la fabbricazione di prodotti chimici (7 imprese) e l'industria del legno (5 imprese).

Da un'analisi più approfondita di almeno un prodotto scambiato, nell'ambito dei settori maggiormente rappresentati, emergono le riflessioni riportate nella tabella sottostante (tab. 2). Sicuramente all'interno di queste principali categorie ci sono prodotti che tradizionalmente si ritrovano protagonisti di scambi simbiotici [9, 16], come accennato è presente la biomassa, il

cemento, il legno [<http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/strumenti/simbiosi-industriale/esempi-archi-origine-destinazione/scarti-industriale-e-commerciali-in-legno>] e una serie di prodotti chimici ausiliari in numerosi processi produttivi.

| Settore produttivo<br>Codice Nace   | Tipo di industria<br>esemplificativa | Bibliografia | Possibili scambi   |
|---|--------------------------------------|--------------|--|
| Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi | Industria del cemento                | [18, 19, 20] | 1) EtoC:<br>Sostituzione di materie prime vergini con loppe, scorie di altoforno   |
| Coltivazioni agricole, produzione di prodotto animali, industrie alimentari   | Industria dei biocarburanti          | [12]         | 1) C=E:<br>- etanolo utilizzato nella reazione di transesterificazione in biodisel;<br>- Biomassa dalla produzione di etanolo utilizzato per produrre biogas.<br>2) CtoE:<br>- Scarti utilizzati come nutrimento animale<br>- Digestato utilizzato come bio-fertilizzante<br>3) EtoC:<br>- Olio vegetale di scarto (Waste vegetable oil, WVO), derivante dalla produzione dei snack a livello industriale utilizzato per la produzione di biodiesel;<br>- deiezioni animali utilizzate nella produzione di biogas. |
| Fabbricazione di prodotti chimici   | Industria chimica                    | [21]         | 1) C=E<br>La produzione di soda caustica dà come sottoprodotti cloro e idrogeno. Il carburo di calcio prodotto viene in parte trattato con acqua per formare un impasto per la produzione di cemento. L'etilene, che deriva dal carburo di calcio più acqua, e il cloro sono impiegati per la produzione di materiali di PVC.  |
| Industria del legno   | Industria del legno                  | [22]         | 1) CtoE<br>Truciolli dalla produzione di compensato impiegati per la produzione di assi in legno e per produrre energia; impiego della segatura umida come integratore del terreno<br>2) CtoE<br>Impiego della segatura derivante dalla fabbricazione di mobili per la produzione di pellet  |

**Tab. 2** – Esempi di possibili scambi nei settori produttivi più rappresentativi

### 3. Quali spunti per la replicabilità

Alcuni autori affidano il successo della simbiosi industriale a fattori di localizzazione e di prossimità delle imprese, alla maggiore o minore flessibilità degli aspetti regolamentativi o alla cultura di collaborazione [16, 23, 24]. Altri ne attribuiscono lo sviluppo a fattori sociali, tecnologici, economici o politici. Il potere di influenzare questi contesti è quindi degli attori che lo governano [25, 26].

Sicuramente è importante la politica adottata dai governi e la componente di legislazione: come viene spesso richiamato, Desrochers [18] ha affermato che se il corpus legislativo danese fosse stato come quello degli Stati Uniti la simbiosi industriale sviluppata a Kalundborg sarebbe stata molto difficile, se non impossibile. Per quanto riguarda il primo punto (politica adottata dai governi), Chertow [3] nota che il governo ha molte possibilità di influenzare la simbiosi industriale: mettendo in evidenza nuclei di simbiosi (nel senso che lo stesso autore attribuisce al termine) che ancora non sono conosciuti, assistendo i medesimi nuclei che stanno prendendo forma e fornendo incentivi per catalizzare nuovi progetti, attraverso l'identificazione di "precursori di simbiosi. Il secondo punto è quello che si riferisce alla normativa su rifiuti, sottoprodotti e materie prime seconde. In questo senso in modo ancora più evidente l'attività del legislatore può facilitare o impedire del tutto gli scambi virtuosi. In Italia i limiti normativi non permettono alle imprese, se non previa autorizzazione, di gestire rifiuti e sottoprodotti di altre società. Questo porta al coinvolgimento forzato delle aziende che sono ufficialmente autorizzate a svolgere attività di pre-trattamento rendendo più difficile lo sviluppo delle relazioni e riducendo l'efficienza economica della simbiosi [26]. È importante individuare di conseguenza una metodologia che attribuisca un punteggio ai fattori appena visti e che permetta alle diverse realtà regionali di valutare, secondo parametri prestabiliti, i punteggi da attribuire ai diversi fattori per comprendere la convenienza dell'implementazione degli scambi.

### 4. Conclusioni

Il presente studio è l'inizio di una indagine più ampia che, partendo da ciò che è già stato implementato e da una verifica dei settori produttivi maggiormente coinvolti, punta a giungere ad una sorta di indice di "capacità simbiotica" di un'area geografica partendo dal tipo di attività che ospita. Attribuendo alla dispersione geografica delle imprese un valore (il costo del trasporto dei sottoprodotti sia economico che ambientale è la prima variabile da valutare), alla politica incentivante ed alla legislazione altri valori, ciò che può fare la differenza è il fatto che in una zona siano più o meno presenti attività facilmente foriere di sottoprodotti e utilities o, almeno, che vi siano attività reciprocamente complementari.

L'indagine impostata verrà ampliata alle attività di altri parchi per arricchire il database di partenza e fornire, attraverso uno studio a monte, nuovi elementi di valutazione costi/benefici per l'implementazione di scelte simbiotiche.

### Bibliografia

- [1] Ayres R. U., Ayres L. W., (1996), *Industrial Ecology: towards closing the materials cycle*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK
- [2] Frosch R. A., Gallopoulos N. E., (1989), Strategies for manufacturing, *Scientific American*, 261, 3, 94-102
- [3] Chertow, M.R., (2007), Uncovering industrial symbiosis, *Journal of Industrial Ecology*, 11, 1, 11-30
- [4] Lowe E. A., Moran S. R., Holmes D. B., (1995), *Fieldbook for the development of eco industrial park*, Indigo Development Co, Oakland, Draft Report
- [5] Harper E. M., Graedel T. E., (2004), Industrial ecology: a teenager's perspective, *Technology in Society*, 26, 433-445
- [6] Korhonen J., (2004), Two paths to industrial ecology: applying the product-based and geographical approaches, *Journal of Environment Planning and Management*, 45, 1, 39-57

- [7] **Lowe E. A.**, (2001), *Eco industrial park Handbook for Asian Developing Countries*. Report to Asian Development Bank, based upon Eco-Industrial Parks, a handbook for local development teams (1995-98), Indigo Development Working Papers in Industrial Ecology (1997-2001), and field experience in the Philippines, Thailand, and China.
- [8] **Sakr D., Baas L., El-Haggag S., Huisinghd D.**, (2011), Critical success and limiting factors for eco-industrial parks: global trends and Egyptian context, *Journal of Cleaner Production*, 19, 1158 – 1169
- [9] **Christensen T. B., Kjær T.**, (2009), *Industrial symbiosis in the energy sector*, Paper prepared for the Joint Action on Climate Changes conference, Aalborg 9-10 June 2009
- [10] **Heeres, R. R., Vermeulen, W.J.V., De Walle, F.B.**, (2004), Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons, *Journal of Cleaner Production*, 12, 985–995
- [11] **Jacobsen N. B.**, (2006), Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark. A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects, *Journal of Industrial Ecology*, 10, 1–2, 239-255
- [12] **Martin M., Ivner J., Svensson N. and Eklund M.**, (2009), Classification of Industrial Symbiosis Synergies: Application in the Biofuels Industry, <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:271605/FULLTEXT01.pdf>
- [13] **Luciano A., Barberio G., Mancuso E., Scaffoni S., La Monica M., Scagliarino C., Cutaia L.** (2016). Potential improvement of the methodology for industrial symbiosis implementation at regional scale. Waste and Biomass valorization. 7(4), 1007–1015.
- [14] **Franco M.**, (2005), *I parchi eco-industriali. Verso una simbiosi tra architettura, produzione e ambiente*, Francoangeli, Milano, pag. 31
- [15] Sintesi \_ Industria del cemento <http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/bref/industrie-cemento-calce-e-ossido-di-magnesio>
- [16] **Cutaia L. Luciano A., Barberio G., Scaffoni S., Mancuso E., Scagliarino C., La Monica M.**, (2015), The experience of the first Industrial Symbiosis platform in Italy, *Environmental Engineering and Management Journal*, 4, 7, 1521-1533
- [17] **Fieschi M., Pretato U., Beltramo R.** (1995) - *Disposal of Car Tyres with Energy Recovery* - S.E.T.A.C., Bruxelles, Novembre 1995.
- [18] **Desrochers P.**, (2000), Market Processes and the Closing of “Industrial Loops”. A Historical Re-appraisal, *Journal of Industrial Ecology*, 4, 1, 29-43
- [19] **Lacy P., Lamonica B., Rutqvist J.** (2016), *Circular Economy. Dallo spreco al valore*, Egea, Milano
- [20] **Notarnicola B., Uricchio A. F., Tassielli G., Renzulli P. A., Selicato G.**, (2012) *Elaborazione di un modello di applicazione dei principi e degli strumenti dell'economia industriale ad un'area vasta*, Cacucci Editore, Bari, pag. 190
- [21] DSCL Annual Report, 2011-12 *Annual Report of DSCL, 2011-12*, pp.22-23, [https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_symbiosis](https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_symbiosis)
- [22] **Rosa M., Beloborodko A.**, (2015), A decision support method for development of industrial synergies: case studies of Latvian brewery and wood-processing industries, *Journal of Cleaner Production*, 105, 461-470
- [23] **Mirata, M.**, (2004), Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges, *Journal of Cleaner Production*, 12, 8,10, 967 – 983
- [24] **Jacobsen N. B., Underberg B. S.**, (2004), *Understanding the evolution of industrial symbiotic networks - the case of Kalundborg in Economics of Industrial Ecology - Materials, Structural Change and Spatial Scales*, MIT Press, 331-335.
- [25] **Costa I., Massard G., Agarwal A.**, (2010), Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries, *Journal of Cleaner Production*, 18, 815–822
- [26] **Costa I., Ferrão P.**, (2010), A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach, *Journal of Cleaner Production*, 18, 984 – 992
- [27] **Simboli A., Taddeo R., Morgante A.**, (2015), The potential of Industrial Ecology in agri-food clusters (AFCs): A case study based on valorization of auxiliary materials, *Ecological Economics*, 111, 65-75



## Indice degli autori

- Abbà Alessandro 175  
Achene Laura 213  
Addante Angela 320, 326  
Aleo Filippo 389  
Aleppo Chiara 397  
Amicarelli Vera 244, 372  
Arcangeli Giulia 223  
Arona Marcello Silvio 397  
Asplanato Vittorio 299  
Aversa Patrizia 279
- Bacchi Donata 259  
Baciocchi Renato 82  
Baglio Lorenzo 409  
Bagnini Marco 63  
Bamonti Silvia 403  
Barberio Grazia 451  
Barbieri Gianpiero 265  
Barbieri Pierluigi 265  
Barbini Aldo 89  
Beltramo Riccardo 468  
Bendini Alessandra 431  
Benedettini Michel 332  
Bernardi Laura 415  
Bertello Alessandro 134  
Bertino Alberto 444  
Biasi Ivan 143  
Biasi Valentina 143  
Biasibetti Michela 181, 218  
Bison Pierluigi 187  
Bonanno Sandro 409  
Bonoli Alessandra 403  
Bortone Rosita 231  
Brescianini Cecilia 299  
Brigliadori Valeria 422  
Brini Silvia 286  
Buttol Patrizia 431
- Cafiero Lorenzo 13  
Camanzi Luca 431  
Camporeale Giuseppe 279  
Camuglia Alessandro 438  
Canepa Marco 299  
Canepari Silvia 286  
Capellari Piero 265  
Cappucci Sergio 312  
Capriati Andrea 187  
Carbè Alessia 43  
Cardenia Vladimiro 431  
Caredda Pietro 306  
Caretto Flavio 13  
Carmagnani Massimo 193  
Carnevale Ennio A. 259  
Carriero Daniele 326  
Caselli Renata L. 259  
Cassani Stefano 82  
Cattani Giorgio 286  
Cattarossi Giacomo 306  
Cavallo Marino 365  
Cavani Mauro 143  
Cavinato Cristina 115  
Cecchi Franco 115  
Ceconato Andrea 200  
Cerni Gianluca 25  
Chiatti Luca 25  
Chiorboli Andrea 200  
Cimino Stefania 143  
Cipolla Gaetano 409  
Clasadonte Maria Teresa 20  
Cocomero Ernesto 457  
Colagrossi Rossella 213  
Comola Alessandro 299  
Conti Antonio 89  
Corradini Alessandro 25  
Costa Giulia 82, 187

Cucatto Alberto 134  
 Cuffini Silvia 134  
 Cutaia Laura 431  
  
 D'Ambrosio Ersilia 253, 350  
 D'Ascenzo Fabrizio 427  
 De Bortoli Alice 292  
 De Cristofaro Giovanni 231  
 De Maio Francesca 286  
 De Paola Pablo 312  
 De Stasio Michele 231  
 Del Frate Stefania 265  
 Delfini Padre Protasio 143  
 Denis Nicolas 89  
 Di Bello Giovanni 187  
 Di Benedetto Aldo 213  
 Di Bernardo Ezio 123  
 Di Cagno Abbrescia Giovanni 350  
 Di Franco Adriano 397  
 Di Lucchio Loredana 13  
 Di Menno Di Bucchianico Alessandro 286  
 Domini Marta 149  
  
 Emmi Salvatore S. 207  
 Esposito Andrea 427  
 Esposito Biagio 207  
  
 Fabbri Claudio 32, 77  
 Fabris Anna 265  
 Falconi Marco 312  
 Fantin Valentina 403, 431  
 Farinelli Giulio 187  
 Ferrari Matteo 96  
 Ferretti Emanuele 181  
 Fichera Andrea 409  
 Fornaciari Stefano 271  
 Francavilla Matteo 231  
 Fuscoletti Valentina 213  
  
 Gallina Toschi Tullia 431  
 Gallucci Teodoro 244, 372  
 Gambera Vanessa 438  
 Garuti Mirco 32  
 Garzone Pietro 128  
 Gasperi Gian Maria 231  
 Gavasci Renato 187  
 Genovese Mauro 231  
  
 Gentile Clelia 397  
 Ghiani Marcello 306  
 Ghiringhelli Giorgio 37  
 Giarrizzo Melissa 444  
 Giudice Walter 128  
 Giunta Federica 397  
 Grassia Luca Salvatore 20  
 Guadagnuolo Vincenzo 444  
 Guido Massimo 253, 320, 326, 344, 350  
 Gullo Enrica 20  
  
 Ido Michele 143  
  
 Labartino Nicola 77  
 Lagioi Giovanni 244, 372  
 Leanza Andrea 409  
 Lepore Arianna 286  
 Librandi Paola 82  
 Licciardello Domenico 102  
 Lomoro Antonella 320, 326, 344  
 Lucchetti Maria Claudia 451  
 Lucentini Luca 181, 213  
 Luppi Pietro 89  
 Luprano Vincenza 279  
  
 Manca Pier Paolo 306  
 Mangiagli Luca 49  
 Mannucci Alberto 239  
 Manzini Maria Elena 271  
 Marchi Marcello 143  
 Marionni Moreno 25  
 Marri Pietro 143  
 Martelli Cinzia 383  
 Martini Raffaella 134  
 Masè Michele 292  
 Matarazzo Agata 444  
 Micali Antonino 20  
 Micheli Stefano 332  
 Minutillo Michele 372  
 Monica Sala 271  
 Monteleone Massimo 231  
 Moretti Marina 451  
 Morgante Anna 462  
 Morganti Pier Luigi 223  
 Morone M. 82

Mosangini Claudia B. 338  
 Munz Giulio 239

Nardo Salvatore Andrea 239  
 Navacchia Maria Luisa 207  
 Nigro Di Gregorio Federica 213  
 Nobili Mirko 82

Pagano Marco 338  
 Pagliari Leandro 82  
 Pagone Patrizia 253, 326, 344, 350  
 Pairotti Maria Beatrice 468  
 Pasqualotto Irene 55  
 Passalacqua Alessia 102, 457  
 Patané Sebastiano Boris 389  
 Pavia Rosario 109  
 Pecorini Isabella 259  
 Pellegatta Raffaele 96, 306  
 Pera Massimo 63  
 Perteghella Andrea 167  
 Petruzzi Chiara 13  
 Pfister Valerio 279  
 Piana Paolo 20  
 Piccinini Sergio 32, 77  
 Piccinno Paolo 244, 372  
 Pillon Alessandra 265  
 Posti Marina 299  
 Pozzetto Dario 123  
 Pozzi Paolo 70  
 Pretali Luca 207

Ragaglia Federica 438  
 Raggi Andrea 462  
 Rigante Simona 326  
 Riminucci Francesco 207  
 Rinaldo Antonella 383  
 Rivilli Silvia 265  
 Rocco Simone 123  
 Rodriguez-Estrada Maria Teresa 431  
 Romano Paola 389  
 Rossi Walter 25  
 Russo Gabriele 457

Salerno Giulia 102  
 Salvatore Stefano 244  
 Santhià Cristina 468  
 Sarcinelli Rosario 344  
 Sarnataro Gaia 457

Sassù Valerio 187  
 Scagliarino Claudia 431  
 Scalbi Simona 431  
 Schibuola Luigi 292  
 Sebastiano Mangiagli 43, 49  
 Sgandurra Martina 102  
 Simboli Alberto 462  
 Snidar Riccardo 265  
 Soldano Mariangela 77  
 Sorlini Sabrina 149, 155, 181, 218  
 Spatafora Sefora Leah 383  
 Spedalieri Federica 389  
 Spinelli Rosangela 403  
 Stacchini Valeria 365  
 Stel Fulvio 265  
 Stella Ester 438  
 Stendardo Stefano 82  
 Suriano Enrico 444

Taddeo Raffaella 462  
 Tararà Alessia 383  
 Taurino Rosa 70  
 Teodoro Giuseppe 389  
 Trematore Cesare 326  
 Trifirò Alena 377  
 Tuffi Riccardo 13  
 Ubertini Alessio 13  
 Urbani Marilena 223

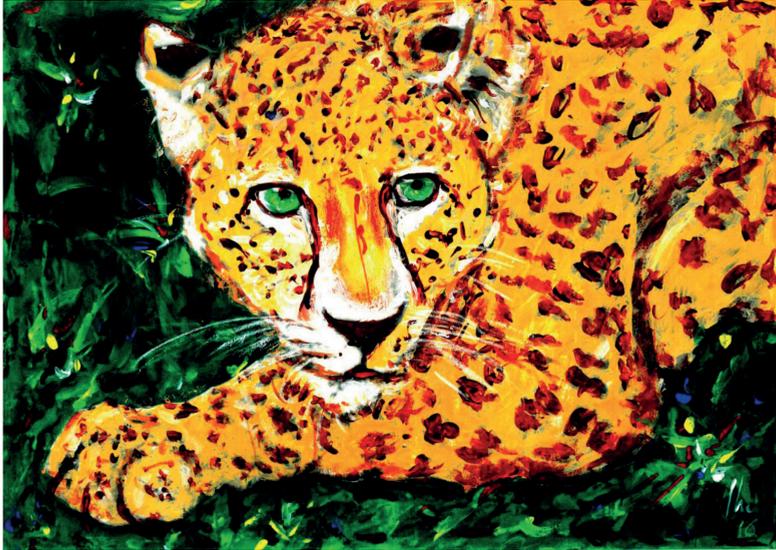
Vaccari Mentore 167  
 Valentini Andrea 89  
 Valli Enrico 431  
 Varini Davide 271  
 Varlaro Gianfranco 231  
 Vesce Enrica 468  
 Veschetti Enrico 213  
 Vezzoli Daniele 96  
 Vinci Giuliana 427  
 Vitelli Rossella 338  
 Vito Domenico 160  
 Vizzini Ludovica 457

Zagarella Martina 383  
 Zambetti Fabiola 167  
 Zanello Antonella 265  
 Zerbo Antonio 102  
 Zingale Tonino 438



## Il Ghepardo

### Mascotte dei 20 anni di Ecomondo - 2016



Luciano Morselli -Il Ghepardo(*Acinonyx jubatus*)  
acrilico su carta latte –16x26 cm, 2016

#### Il Ghepardo (*Acinonyx jubatus*)

Il ghepardo è un mammifero carnivoro della famiglia dei Felidi. Deve il nome scientifico del genere cui appartiene (*Acinonyx*) al fatto di avere artigli non retrattili, mentre quello della specie (*jubatus*) deriva dal latino e significa “portatore di criniera”, in quanto il pelo è più lungo e folto su collo e dorso. Il nome inglese (*Cheetah*) rimanda invece al termine che in Hindi significa “il maculato”. È il più veloce mammifero terrestre ed è stato documentato raggiungere velocità fino a 103 km/h, che può comunque sostenere per non più di qualche centinaio di metri. Caccia un’ampia gamma di prede, soprattutto ungulati di piccole-medie dimensioni come gazzelle e impala, ma anche uccelli di terra, piccoli mammiferi e grandi ungulati. In generale, tende ad essere attivo soprattutto durante il giorno, una strategia che può contribuire a ridurre la concorrenza con gli altri predatori. La vita del ghepardo selvatico è intorno ai 10 – 14 anni, a seconda che sia maschio o femmina, rispettivamente. La femmina si riproduce dai 2 ai 12 anni di età e la mortalità dei cuccioli nei primi mesi può essere molto elevata (fino al 95% nel deserto del Serengeti). Il suo habitat va dalla foresta secca alla macchia fitta, fino alla praterie e ai deserti iperaridi come il Sahara. Il ghepardo è scomparso da vaste aree del suo areale storico; in Africa è ormai presente solo nel 10% dell’areale storico, mentre la sua distribuzione in Asia è limitata ai deserti centrali dell’Iran. Il fatto che la maggioranza dei ghepardi (76%) viva in aree non protette e che le loro popolazioni siano estremamente frammentate crea preoccupazione per la loro conservazione. Attualmente il trend della popolazione è in declino e nella IUCN Red List of Threatened Species il ghepardo è classificato come “Vulnerable”, mentre alcune subspecie sono classificate come “Critically Endangered”. Le minacce principali sono rappresentate da: perdita e frammentazione degli habitat; diminuzione delle prede a causa di caccia, aumento dei terreni dedicati al bestiame e riduzione degli habitat; “conflitti” con allevatori e agricoltori; caccia per ricavarne la pelle e cattura in trappole dedicate primariamente ad altri animali; strade ad alta velocità, in particolare attraverso aree naturali; turismo non regolato; infezioni; estrazione di risorse e sviluppo estensivo di infrastrutture estrattive.

**Bibliografia:** Durant, S., Mitchell, N., Ipavec, A. & Groom, R. 2015. *Acinonyx jubatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T219A50649567. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T219A50649567.en>. Downloaded on 29 July 2016

Con la collaborazione di Elena Bernardi – Univ. Studi di Bologna

## I BOZZETTI PREPARATORI DEL GHEPARDO PER LA MASCOTTE ECOMONDO 2016



**I BOZZETTI PREPARATORI E LE 10 MASCOTTE REALIZZATE 2006 – 2015.** Le Mascotte di Ecomondo realizzate negli ultimi 10 anni ed alle quali si aggiunge il Ghepardo in occasione dei 20 anni di Ecomondo, riguardano le specie animali a rischio estinzione, o quantomeno con una sopravvivenza critica come per il Ghepardo, sono nate da un'idea di Luciano Morselli con l'adesione di Ecomondo Rimini fiera, la Tetra Pak Italiana e con il supporto, negli anni, del Gruppo Fiori, Graepel Italiana, CIAL, LabService Analytica, Recuperi Industriali. Spesso la criticità delle specie a rischio vengono messe in relazione con la pressione antropica da inquinamento, pesticidi, uso del suolo... etc. con i cambiamenti climatici e la distruzione degli habitat che minacciano sempre più la biodiversità e le singole specie animali e vegetali che risultano i più preziosi indicatori della qualità dell'ambiente che viviamo.

Le scelte delle specie animali, che via via sono state considerate, hanno avuto come criteri, anche a seguito di una breve ed essenziale ricerca bibliografica, le loro particolarità cromatiche, i loro comportamenti e per il declino accelerato.

Solitamente la scelta della Mascotte è stata effettuata tra i diversi bozzetti preparatori, con un sondaggio tra i patrocinatori, estimatori, comunità di Ecomondo, amici ed allievi dell'università, studenti scuole primarie e secondarie...etc. La realizzazione delle cartelle con le fotolito viene accompagnata con un gadget che riproduce la specie scelta e realizzata in materiale riciclato. Nei primi 8 anni sono stati realizzati in Ecoallene da parte della Tetra Pak Italiana e negli ultimi tre in Alluminio riciclato dalla CIAL per una edizione e dalla Graepel Italiana negli ultimi due anni. Una serie limitata dei gadget, poi è stata dipinta riproducendo i colori originali, è andata via via arricchendosi in una vera e propria collezione.

Nella scheda qui riportata sono riprodotte le 10 mascotte precedenti ed inoltre, in II pagina, i 7 bozzetti preparatori del Ghepardo riportati secondo l'esito del sondaggio. Il bozzetto di copertina è stato il più votato.

## Le 10 Mascotte nei 10 anni



2006 - La Rana Blu  
(*Dendrobates Azureus*)



2007 - La Rondine Rossa  
(*Hirundo Daurica*)



2008 - L'Ape Verde  
(*Agapostemon Virescens*)



2009 - Cavalluccio Marino Rosa  
(*Ippocampus Bargibanti*)



2010 - Anatra dal Becco Blu  
(*Axyura Leucocephala*)



2011 - Salamandra dalla coda  
Rossa(*Salamandrina Perspicillata*)



2012 - Il Tordo Americano  
(*Turdus Migratorius*)



2013 - La Chiocciola Dorata  
(*Sardoborattia Islamioides*)



2014 - La Farfalla Monarca  
(*Danaus plexippus*)



2015 - Il Pappagallo ARA  
(*Ara Chloropterus*)



**Luciano Morselli**

Prof. Univ. di Bologna in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali Studio: Via Manzoni , 24 – 46036 Revere (MN)

Email: [luciano.morselli@unibo.it](mailto:luciano.morselli@unibo.it) Siti: [www.lucianomorselli.it](http://www.lucianomorselli.it); [www.morselli.fci.unibo.it](http://www.morselli.fci.unibo.it)

**Luciano Morselli. Il profilo artistico.** L'inizio dell'attività artistica risale ai primi anni '70 e le prime esibizioni dalla metà di quegli anni prendendo parte a molte esposizioni personali e collettive soprattutto a temi specifici legati al territorio ed all'ambiente: "Itinerari Gonzaghesci", "Zoografie e Giardini Segreti", "Dal Po all'Adriatico un Grido". I suoi lavori possono essere collocati in un filone neo-informale anche se non ha mai abbandonato lo stile figurativo iniziale. Si esprime con una serie di lavori che coprono diversi periodi così sono l'Attesa, Rondini Rosse, Stelle Notturme e Stelleenò, La rana blu, I giardini di Monet, Zone Umide, L'Isola Sospesa ed infine gli Stellari. Recenti mostre:

- 2011 Anno Internazionale della Chimica, partecipazione alla alla GAM di Milano "Science and Art", Perugia Convegno ARG – Ambiente Ricerca Giovani "La rana blu. L'ambiente in un percorso tra ricerca ed arte"
- Giugno 2013 "La conquista del Prato" Galleria dell'Immagine, Rimini, Marzo 2015 Wikiarte di Bologna,
- Dicembre 2014 la mostra "Luciano Morselli negli Anni Ottanta" Revere (MN),
- 2016 Revere Palazzo Ducale "STELLARI" 14 Maggio – 29 Settembre "...nei miei 45 anni di Ricerca per l'Ambiente e nell'Arte..."

**Hanno dedicato alla sua opera testi critici: Renzo Margonari, Giorgio Celli, Benvenuto Guerra, Alfredo De Paz, Giacinto di Pietrantonio, Roberto Daolio, Roberto Pasini, Andrea Zanotti, Andrea Segrè, Marco Tonelli**

**La realizzazione delle Mascotte di ECOMONDO 2006 - 2016, da un'idea di Luciano Morselli con l'adesione ed il supporto di Ecomondo Riminifiera, Tetra Pak Italiana, Graepel Italiana, Gruppo Fiori, LabService Analytica, Recuperi Industriali.**

**Ringrazio tutti quanti hanno voluto aderire e dare forza a questa idea e per i 20 fruttuosi anni vissuti in Ecomondo come Presidente, ora Past President, del CTS e come artista. Anni che mi hanno arricchito professionalmente e che ha favorito la formazione di una generazione di studenti.**

**Luciano Morselli**